

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

15.12.03

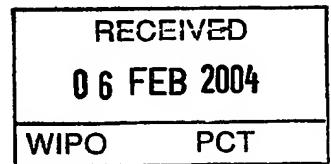
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日  
Date of Application: 2003年 2月 3日

出願番号  
Application Number: 特願2003-026419  
[ST. 10/C]: [JP2003-026419]

出願人  
Applicant(s): 日本精工株式会社



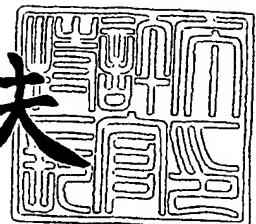
PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

2004年 1月23日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願  
【整理番号】 P-44005  
【提出日】 平成15年 2月 3日  
【あて先】 特許庁長官 殿  
【国際特許分類】 G01P 15/00  
F16C 13/02

## 【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県藤沢市鵠沼神明一丁目 5 番 5 0 号 日本精工株式会社内

【氏名】 中込 義史

## 【特許出願人】

【識別番号】 000004204

【氏名又は名称】 日本精工株式会社

## 【代理人】

【識別番号】 100105647

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 小栗 昌平

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100105474

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 本多 弘徳

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100108589

## 【弁理士】

【氏名又は名称】 市川 利光

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100115107

【弁理士】

【氏名又は名称】 高松 猛

【電話番号】 03-5561-3990

## 【選任した代理人】

【識別番号】 100090343

【弁理士】

【氏名又は名称】 栗宇 百合子

【電話番号】 03-5561-3990

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003- 11459

【出願日】 平成15年 1月20日

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003- 16601

【出願日】 平成15年 1月24日

## 【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 特願2003- 24355

【出願日】 平成15年 1月31日

## 【手数料の表示】

【予納台帳番号】 092740

【納付金額】 21,000円

## 【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0002910

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 スリップセンサとスリップセンサベアリングとスリップコントロールシステムとスリップ率測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、  
前記車輪の進行方向の予備進行加速度と、前記車輪の予備回転角速度とを検出し、  
前記予備回転角速度を微分して前記車輪の予備回転角加速度を求め、  
前記予備回転角加速度と前記予備進行加速度から前記車輪のタイヤ半径を求めた後、  
さらに、前記車両の実走行時に、  
前記車輪の進行方向の実進行加速度と、前記車輪の実回転角速度とを検出し、  
前記実回転角速度を微分して前記車輪の実回転角加速度を求め、  
前記実回転角加速度と前記実進行加速度から、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と前記予備走行時の前記タイヤ半径との比率を求めて、  
前記比率を前記タイヤのスリップ率として得ることを特徴とするスリップ率測定方法。

【請求項 2】 車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、  
前記車輪の進行方向の予備進行加速度と、前記車輪の予備回転角速度とを検出し、  
前記予備回転角速度を微分して前記車輪の予備回転角加速度を求め、  
前記予備進行加速度と前記予備回転角加速度を単位時間あたりで積分して、前記単位時間あたりの予備進行速度及び予備回転角速度の増加量から前記車輪のタイヤ半径を求めた後、  
さらに、前記車両の実走行時に、  
前記車輪の進行方向の実進行加速度と、前記車輪の実回転角速度とを検出し、

前記実回転角速度を微分して前記車輪の実回転角加速度を求め、

前記実進行加速度と前記実回転角加速度を単位時間あたりで積分して、前記単位時間あたりの実進行速度及び実回転角速度の増加量からスリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と前記予備走行時の前記タイヤ半径との比率を求めて、

前記比率を前記タイヤのスリップ率として得ることを特徴とするスリップ率測定方法。

【請求項 3】 車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、

従動輪及び駆動輪のそれぞれの予備回転角速度を検出し、

前記従動輪の何れか一つのタイヤ半径及び前記予備回転角速度を基準として、他の車輪との前記予備回転角速度の比から他の車輪のタイヤ半径を求めた後、

さらに、前記車両の実走行時に、

少なくとも前記駆動輪の進行方向の実進行加速度及び実回転角速度を検出し、

前記タイヤ半径及び前記実回転角速度から求められる少なくとも前記駆動輪の実進行速度を求め、

前記実進行加速度から車両の挙動変化を検出してトリガー信号を発生させ、前記トリガー信号の発生時から少なくとも前記駆動輪の前記実進行加速度を積分して前記実進行速度に加算することで、

挙動変化した非定常時の少なくとも前記駆動輪の非定常進行速度を求め、

前記実回転角速度と前記非定常進行速度から、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と前記予備走行時の前記タイヤ半径との比率を求めて

、  
前記比率を前記タイヤのスリップ率として得ることを特徴とするスリップ率測定方法。

【請求項 4】 請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のスリップ率測定方法を用いて得られた前記スリップ率の単位時間あたりのスリップ変化率を算出し、前記スリップ変化率が所望の値以下となるように車両の制動を制御することを特徴とする車両の制御方法。

【請求項 5】 請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のスリップ率測定方法、または請求項 4 に記載の車両の制御方法を用いるために車輪に設けられた加速度センサと回転速度センサとを有することを特徴とするスリップセンサ。

【請求項 6】 請求項 5 に記載のスリップセンサを備えていることを特徴とするスリップセンサベアリング。

【請求項 7】 請求項 1 から 3 の何れか 1 項に記載のスリップ率測定方法、または請求項 4 に記載の車両の制御方法を用い、自動車の走行状態を制御することを特徴とするスリップコントロールシステム。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は車両のスリップ率測定方法及び車両の制御方法に関し、特に、車両の安定した走行を確保できる車両制御技術に関する。

【0002】

【従来の技術】

一般的に、自動車の車輪は、懸架装置に対して転がり軸受ユニットを介して回転自在に支持されている。ここで、近年においては、車両の安定した走行を確保するために、アンチロックブレーキシステム（ABS）やトラクションコントロールシステム（TCS）が採用されるようになってきており、これらを確実に制御する為には、上記車輪の回転速度を精度良く検出する必要がある。この為、上記転がり軸受ユニットに回転速度検出装置を組み込み、対応する車輪の回転速度を検出する事が、近年広く行なわれる様になっている。回転速度を検出するための装置として、エンコーダやパルサを含む回転センサが用いられる。

また、車両の走行を安定させるための技術として、スタビリティコントロールやヨーレイトコントロールを行う要望も高まっている。

【0003】

図 26 は、この様な目的で使用される従来構造の 1 例として、回転速度検出装置付の車輪支持用転がり軸受ユニットを示す図である（例えば、特許文献 1 参照）。

この回転速度検出装置付の車輪支持用転がり軸受ユニットは、車体に対して懸架装置を介して支持された状態で使用時にも回転しない静止部材又は静止輪に相当する外輪 1 の内径側に、車輪を固定した状態で使用時に回転する回転部材又は回転輪に相当するハブ 2 を支持している。

#### 【0004】

このハブ 2 の一部に固定したセンサロータ 3 の回転速度を、外輪 1 に固定したカバー 4 に支持した回転速度検出センサユニット 5 により検出自在としている。図示の例では、この回転速度検出センサユニット 5 として、センサロータ 3 と全周に互って対向する、円環状のものを使用している。又、ハブ 2 を回転自在に支持する為に、外輪 1 の内周面に、静止側軌道輪に相当する複列の外輪軌道 6, 6 を設けている。又、ハブ 2 の外周面、及びこのハブ 2 に外嵌しナット 7 によりこのハブ 2 に対し結合固定した状態でハブ 2 と共に回転側軌道輪を構成する内輪 8 の外周面に、回転側軌道輪に相当する内輪軌道 9, 9 を設けている。

#### 【0005】

そして、これら各内輪軌道 9, 9 と各外輪軌道 6, 6 との間にそれぞれ複数個ずつの転動体 10, 10 を、それぞれ保持器 11, 11 により保持した状態で転動自在に設け、外輪 1 の内側にハブ 2 及び内輪 8 を回転自在に支持している。

又、ハブ 2 の外端部（車両への組み付け状態で幅方向外側となる端部を言い、図 26 の左端部）で外輪 1 の外端部から軸方向外方に突出した部分に、車輪を取り付ける為のフランジ 12 を設けている。又、外輪 1 の内端部（車両への組み付け状態で幅方向中央側となる端部を言い、図 26 の右端部）に、この外輪 1 を懸架装置に取り付ける為の取付部 13 を設けている。又、外輪 1 の外端開口部とハブ 2 の中間部外周面との間の隙間は、シールリング 14 により塞いでいる。尚、重量の嵩む車両用の転がり軸受ユニットの場合には、複数個の転動体 10, 10 として、図示の様な玉に代えて、テーパころを使用する場合もある。

#### 【0006】

上述の様な転がり軸受ユニットに回転速度検出装置を組み込むべく、内輪 8 の内端部で内輪軌道 9 から外れた部分の外周面には、センサロータ 3 を外嵌固定している。このセンサロータ 3 は、軟鋼板等の磁性金属板に塑性加工を施す事によ

り、全体を円環状に形成したもので、互いに同心の被検出用円筒部 15 と支持用円筒部 16 とを備え、このうちの支持用円筒部 16 を内輪 8 の内端部に締まり嵌めで外嵌する事により、この内輪 8 の内端部に固定している。

#### 【0007】

又、被検出用円筒部 15 には、それぞれがこの被検出用円筒部 15 の軸方向に長いスリット状の透孔 17 を多数、円周方向に関して等間隔で形成する事により、該被検出用円筒部 15 の磁気特性を、円周方向に互って交互に且つ等間隔に変化させている。

更に、外輪 1 の内端開口部には前記カバー 4 を、センサロータ 3 の被検出用円筒部 15 を覆う状態で結合固定して、外輪 1 の内端開口部を塞いでいる。金属板を塑性加工して成るカバー 4 は、外輪 1 の内端開口部に内嵌固定自在な嵌合筒部 18 と、この内端開口部を塞ぐ塞ぎ板部 19 とを有する。そして、この塞ぎ板部 19 内に、前記回転速度検出センサユニット 5 を保持固定している。又、この塞ぎ板部 19 の外周寄り部分には通孔 20 を形成し、この通孔 20 を通じて回転速度検出センサユニット 5 の出力を取り出す為のコネクタ 21 を、カバー 4 外に取り出している。この様に回転速度検出センサユニット 5 をカバー 4 内に保持固定した状態で、この回転速度検出センサユニット 5 の外周面に設けた検知部は、センサロータ 3 を構成する被検出用円筒部 15 の内周面に、微小隙間を介して対向する。

#### 【0008】

上述の様な回転速度検出装置付の車輪支持用転がり軸受ユニットの使用時には、外輪 1 の外周面に固設した取付部 13 を懸架装置に対して、図示しないボルトにより結合固定すると共に、前記ハブ 2 の外周面に固設したフランジ 12 に図示しない車輪を、このフランジ 12 に設けたスタッド 22 により固定する事で、不図示の懸架装置に対して車輪を回転自在に支持する。この状態で車輪が回転すると、回転速度検出センサユニット 5 の検知部の端面近傍を、被検出用円筒部 15 に形成した透孔 17、17 と、円周方向に隣り合う透孔 17、17 同士の間にある柱部（不図示）とが交互に通過する。

#### 【0009】



この結果、回転速度検出センサユニット 5 内を流れる磁束の密度が変化し、この回転速度検出センサユニット 5 の出力が変化する。この様にして回転速度検出センサユニット 5 の出力が変化する周波数は、車輪の回転数に比例する。従って、回転速度検出センサユニット 5 の出力を不図示の制御器に送れば、ABS や TCS を適切に制御できる。

#### 【0010】

即ち、回転速度検出センサユニット 5 の出力と、別途車体側に設けた加速度センサ（加速度計、Gメータ）の出力とを比較して、これら両センサの出力に整合性がない場合に、タイヤの外周面と路面との当接部に滑りが発生していると判断して車輪のスリップ率を算出し、ABS や TCS を制御する。

例えば、制動時に前記加速度センサが検出する車両の減速度に比べて前記回転速度検出センサユニット 5 の出力に基づいて求められる車輪の減速度が大きい場合には、滑りが発生していると判断して、ブレーキ装置のホイールシリンダ部分の油圧を制御し、車両が停止する以前に車輪の回転が止まる事を防止して、車両の走行姿勢の安定性確保を図る。

#### 【0011】

又、加速時には、前記回転速度検出センサユニット 5 の出力に基づいて求められる車輪の加速度に比べて、前記加速度センサにより求められる車両の加速度が小さい場合（或は、従動輪の加速度に比べて駆動輪の加速度が大きい場合）には、滑りが発生していると判断して、車輪に制動を加えたり、或はエンジンの出力を絞る（低下させる）事により、タイヤの外周面と路面との滑りを防止して、車両の走行姿勢の安定化を図る。

#### 【0012】

上述した様な従来から広く知られている回転速度検出装置付の車輪支持用転がり軸受ユニットによれば、制動時や加速時に於ける車両の走行姿勢の安定性確保を図れるが、より厳しい条件でもこの安定性の確保を図る為には、車両の走行安定性に影響するより多くの情報を取り入れて、ブレーキやエンジンの制御を行なう事が必要になる。

これに対して、従来の回転速度検出装置付転がり軸受ユニットを利用した AB

SやTCSの場合には、タイヤと路面との滑りを検知してブレーキやエンジンを制御する、所謂フィードバック制御を行なっている。この為、これらブレーキやエンジンの制御が一瞬とは言え遅れる為、厳しい条件下での性能向上の面からは改良が望まれる。

#### 【0013】

即ち、従来構造の場合には、所謂フィードフォワード制御により、タイヤと路面との間に滑りが発生しない様にしたり、左右の車輪の制動力が極端に異なる所謂ブレーキの片効きを防止する事はできない。更には、トラック等で、積載状態が不良である事に基づいて走行安定性が不良になるのを防止する事もできない。

#### 【0014】

この様な事情に鑑みて、図27に示す様な、転がり軸受ユニットに加わる荷重を測定自在とした構造が記載されている（例えば、特許文献1参照）。

この従来構造の第2例の場合には、外輪1の軸方向中間部で1対の外輪軌道6，6同士の間部分に、この外輪1を直径方向に貫通する取付孔23を、この外輪1の上端部にほぼ鉛直方向に形成している。

そして、この取付孔23内に、円柱状（棒状）の変位センサ28を装着している。この変位センサ28の先端面（下端面）に設けた検出面は、ハブ2の軸方向中間部に外嵌固定したセンサリング25の外周面に近接対向させている。そして、変位センサ28は、検出面とセンサリング25の外周面との距離が変化した場合に、その変化量に対応した信号を出力する。

#### 【0015】

上述の様に構成する従来構造の第2例の場合には、変位センサ28の検出信号に基づいて、この変位センサ28を組み込んだ車輪支持用転がり軸受ユニットに加わる荷重を求める事ができる。即ち、車両の懸架装置に支持した外輪1は、この車両の重量により下方に押されるのに対して、車輪を支持固定したハブ2は、そのままの位置に止まろうとする。

#### 【0016】

この為、重量が嵩む程、外輪1やハブ2、並びに転動体10，10の弾性変形に基づいて、これら外輪1の中心とハブ2の中心とのずれが大きくなる。そして

、この外輪 1 の上端部に設けた、変位センサ 28 の検出面とセンサリング 25 の外周面との距離は、重量が高む程短くなる。

そこで、変位センサ 28 の検出信号を制御器に送れば、予め実験等により求めた関係式等から、当該変位センサ 28 を組み込んだ車輪支持用転がり軸受ユニットに加わる荷重を求める事ができる。この様にして求めた、各車輪支持用転がり軸受ユニットに加わる荷重に基づいて、ABS を適正に制御する他、積載状態の不良を運転者に知らせることができる。

#### 【0017】

ところが、図 27 に示した従来構造の第 2 例の場合、車両の重量に基づいて鉛直方向に加わる荷重を測定できるが、例えば旋回走行時に遠心力等に基づいて加わるモーメント荷重を測定する事はできない。この為、車両のあらゆる走行状態に応じて、安定走行の為に適切な制御を行なう為の信号を得る面からは改良が望まれる。

そして、このような場合に使用可能な構造としては、上記モーメント荷重を含め、車両の走行時に車輪に加わる各方向の荷重を測定できるようにした構造が提案されている（例えば、特許文献 2 参照）。

#### 【0018】

##### 【特許文献 1】

特開 2001-21577 号公報

##### 【特許文献 2】

特開平 10-73501 号公報

#### 【0019】

##### 【発明が解決しようとする課題】

ところで、TCS や ABS などの制御精度を高めるためには、各車輪のスリップ率を精度良く測定する必要がある。

しかしながら、車輪のスリップ率は、車輪の回転速度と、車体の路面に対する速度（車体速度という）の双方より求まるものであり、上述した従来技術によれば車輪の回転速度は精度良く検出できるが、車体速度を直接求めることができないため、例えばスリップ率は 4 輪の回転速度から総合的に推定する他なかった。

その結果、特に車両旋回時の各車輪毎のスリップ率を正確に求められないという問題があった。

#### 【0020】

従って、本発明はかかる従来技術の問題点に鑑みて成されたものであって、車輪のスリップ率を精度良く求めることができ、それにより車両の安定した走行をより適切に制御できるようにするスリップ率測定方法及び車両の制御方法を提供することを目的とする。

#### 【0021】

##### 【課題を解決するための手段】

本発明者は、車両におけるタイヤと路面との間に発生するスリップ現象について鋭意研究及び検討を行った結果、車輪の周速度と車輪の進行方向の進行速度との差をスリップ量として求められるスリップ率とは、実際には滑っていない状態のクリープ率と実際に滑りを起こしている状態の実スリップ率とからなるものであるということを見出した。即ち、タイヤが路面をグリップして駆動力や制動力が作用している状態においては、スリップ率はゼロではないが、その時タイヤの表面と路面との間で実際には滑りはなく、駆動力や制動力によりタイヤのゴムが弾性変形して局所的な伸び（クリープと呼ぶ）が発生している。そして、そのクリープ率が見かけ上スリップ率として算出される。又、タイヤの弾性変形の限界を超えた駆動力や制動力が車輪に作用した場合には、実際にタイヤの表面と路面との間で実際のスリップ（実スリップと呼ぶ）が生じ、スリップ率として算出される。

従って、スリップ率を正確に求めて、常にクリープ状態であるように車両の制動を制御することにより、実スリップの発生を防げば良いこととなる。

#### 【0022】

本発明の上記目的は、請求項1に記載したように、  
車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、  
前記車輪の進行方向の予備進行加速度と、前記車輪の予備回転角速度とを検出し、

前記予備回転角速度を微分して前記車輪の予備回転角加速度を求め、  
前記予備回転角加速度と前記予備進行加速度から前記車輪のタイヤ半径を求めた後、

さらに、前記車両の実走行時に、

前記車輪の進行方向の実進行加速度と、前記車輪の実回転角速度とを検出し、  
前記実回転角速度を微分して前記車輪の実回転角加速度を求め、  
前記実回転角加速度と前記実進行加速度から、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と前記予備走行時の前記タイヤ半径との比率を求めて、  
前記比率を前記タイヤのスリップ率として得ることを特徴とするスリップ率測定方法により達成される。

### 【0023】

又、本発明の上記目的は、請求項2に記載したように、

車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、

前記車輪の進行方向の予備進行加速度と、前記車輪の予備回転角速度とを検出し、

前記予備回転角速度を微分して前記車輪の予備回転角加速度を求め、  
前記予備進行加速度と前記予備回転角加速度を単位時間あたりで積分して、前記単位時間あたりの予備進行速度及び予備回転角速度の増加量から前記車輪のタイヤ半径を求めた後、

さらに、前記車両の実走行時に、

前記車輪の進行方向の実進行加速度と、前記車輪の実回転角速度とを検出し、  
前記実回転角速度を微分して前記車輪の実回転角加速度を求め、  
前記実進行加速度と前記実回転角加速度を単位時間あたりで積分して、前記単位時間あたりの実進行速度及び実回転角速度の増加量からスリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と前記予備走行時の前記タイヤ半径との比率を求めて、  
前記比率を前記タイヤのスリップ率として得ることを特徴とするスリップ率測定

方法により達成される。

【0024】

又、本発明の上記目的は、請求項3に記載したように、  
車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、  
従動輪及び駆動輪のそれぞれの予備回転角速度を検出し、  
前記従動輪の何れか一つのタイヤ半径及び前記予備回転角速度を基準として、他の車輪との前記予備回転角速度の比から他の車輪のタイヤ半径を求めた後、  
さらに、前記車両の実走行時に、  
少なくとも前記駆動輪の進行方向の実進行加速度及び実回転角速度を検出し、  
前記タイヤ半径及び前記実回転角速度から求められる少なくとも前記駆動輪の実進行速度を求め、  
前記実進行加速度から車両の挙動変化を検出してトリガー信号を発生させ、前記トリガー信号の発生時から少なくとも前記駆動輪の前記実進行加速度を積分して前記実進行速度に加算することで、  
挙動変化した非定常時の少なくとも前記駆動輪の非定常進行速度を求め、  
前記実回転角速度と前記非定常進行速度から、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と前記予備走行時の前記タイヤ半径との比率を求めて、  
前記比率を前記タイヤのスリップ率として得ることを特徴とするスリップ率測定方法により達成される。

【0025】

又、本発明の上記目的は、請求項4に記載したように、  
請求項1から3の何れか1項に記載のスリップ率測定方法を用いて得られた前記スリップ率の単位時間あたりのスリップ変化率を算出し、  
前記スリップ変化率が所望の値以下となるように車両の制動を制御すること、  
特徴とする車両の制御方法により達成される。

【0026】

このような構成のスリップ率測定方法及び車両の制御方法によれば、車両の直

進時や旋回時においても、各車輪ごとの正確なスリップ率を求めることができる。又、これらの方法によって得られる見かけのタイヤ半径と車輪の回転角速度から、各車輪ごとの正確な進行速度を求めることができる。

更に、これらのスリップ率及び進行速度を、車両の如何なる運転状態においてもシームレス（継ぎ目無し）に測定することができ、安定した車両の走行状態を維持することができる。

#### 【0027】

又、本発明の上記目的は、請求項5に記載したように、上記のスリップ率測定方法、または車両の制御方法を用いるために車輪に設けられた加速度センサと回転速度センサとを有することを特徴とするスリップセンサによって達成することができる。

#### 【0028】

又、本発明の上記目的は、請求項6に記載したように、請求項5に記載のスリップセンサを備えていることを特徴とするスリップセンサベアリングによって達成することができる。

#### 【0029】

又、本発明の上記目的は、請求項7に記載したように、上記のスリップ率測定方法、または車両の制御方法を用い、自動車の走行状態を制御することを特徴とするスリップコントロールシステムによって達成することができる。

#### 【0030】

又、本発明の上記目的は、下記1)～8)に記載の、車輪ユニット、車輪支持用転がり軸受ユニット、車両及び車両の制御方法によっても達成することができる。

#### 【0031】

1)

静止部材と、

前記静止部材に対して回転自在となっている回転部材と、

前記回転部材に取り付けられたセンサロータと、

前記センサロータに対向するようにして前記静止部材に取り付けられ、前記セ

ンサロータの回転速度に応じた回転速度信号を出力する回転速度センサと、

前記静止部材に取り付けられて、車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号を出力する加速度センサと、を有する車輪ユニットであって、

前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に150mm以内に配置されていることを特徴とする車輪ユニット。

【0032】

2)

上記1)に記載の車輪ユニットを複数有することを特徴とする車両。

【0033】

3)

静止輪と、

回転輪と、

前記静止輪と前記回転輪との間に配置された複数個の転動体と、

前記回転輪に取り付けられたセンサロータと、

前記センサロータに対向するようにして前記静止輪に取り付けられ、前記センサロータの回転速度に応じた回転速度信号を出力する回転速度センサと、

前記静止輪に取り付けられて、車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号を出力する加速度センサと、を有する車輪支持用転がり軸受ユニットであって、

前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に150mm以内に配置されていることを特徴とする車輪支持用転がり軸受ユニット。

【0034】

4)

静止部材と、前記静止部材に対して回転自在となっている回転部材と、前記回転部材に取り付けられたセンサロータと、前記センサロータに対向するようにして前記静止部材に取り付けられ、前記センサロータの回転速度に応じた回転速度信号を出力する回転速度センサと、前記静止部材に取り付けられて、車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号を出力する加速度センサと、車輪を制動する制動ユニットとを有する車輪ユニットと、



車両の制動に応じてトリガー信号を発生するトリガー信号発生装置と、  
前記トリガー信号の発生時又はその前に検出した前記回転速度センサからの信号に応じて、前記車輪の周速度を車軸の速度として記憶する記憶装置と、  
前記検出時より、前記加速度センサから出力される加速度信号に基づく加速度を積分し、追加分の車軸速度を求める積分装置と、  
前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算する演算装置と、  
得られたスリップ率を基に制動を制御する制動制御装置と、を有する車両であって、  
前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に150mm以内に配置されていることを特徴とする車両。

【0035】

5)

静止輪と、回転輪と、前記静止輪と前記回転輪との間に配置された複数個の転動体と、前記回転輪に取り付けられたセンサロータと、前記センサロータに対向するようにして前記静止輪に取り付けられ、前記センサロータの回転速度に応じた回転速度信号を出力する回転速度センサと、前記静止輪に取り付けられて、車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号を出力する加速度センサと、を有する車輪支持用転がり軸受ユニットと、

車両の制動に応じてトリガー信号を発生するトリガー信号発生装置と、  
前記トリガー信号の発生時又はその前に検出した前記回転速度センサからの信号に応じて、前記車輪の周速度を車軸の速度として記憶する記憶装置と、  
前記検出時より、前記加速度センサから出力される加速度信号に基づく加速度を積分し、追加分の車軸速度を求める積分装置と、  
前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算する演算装置と、  
得られたスリップ率を基に制動を制御する制動制御装置と、を有する車両であって、  
前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線

から軸方向に 1 5 0 mm 以内に配置されていることを特徴とする車両。

【 0 0 3 6 】

6)

車両の制動に応じてトリガー信号を発生するステップと、

前記トリガー信号の発生時又はその前に検出した回転速度センサからの信号に応じて、車輪の周速度を車軸の速度として記憶するステップと、

前記検出時より、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に 1 5 0 mm 以内に配置された加速度センサから出力される車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号に基づく加速度を積分し、追加分の車軸速度を求めるステップと、

前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算するステップと、

得られたスリップ率を基に制動を制御するステップと、を有することを特徴とする車両の制御方法。

【 0 0 3 7 】

7)

車両懸架装置のバネ下における車輪ユニットの静止部材と、

前記静止部材に対して回転自在となっている回転部材と、

前記回転部材に取り付けられたセンサロータと、

前記センサロータに対向するようにして前記静止部材に取り付けられ、前記センサロータの回転速度に応じた回転速度信号を出力する回転速度センサと、

前記静止部材に取り付けられ、車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号を出力する半導体式の加速度センサと、

前記車輪ユニットに取り付けられ、前記加速度信号を配線の変形による影響を受けない形に処理して該処理後の信号を車体側の制御器に出力する加速度信号処理装置と、

を有する車輪ユニット。

【 0 0 3 8 】

8)

上記7)に記載の車輪ユニットを複数有することを特徴とする車両。

#### 【0039】

上記1)から3)に記載の車輪ユニット、車両及び車輪支持用転がり軸受ユニットによれば、例えば車両の制動や加速に応じてトリガー信号が発生すると、前記トリガー信号の発生時又はその前に検出した回転速度センサからの信号に応じて、車輪の周速度を車軸の速度として記憶し、前記検出時より、加速度センサから出力される加速度信号に基づく各車輪の進行方向の加速度を積分し、追加分の車軸速度を求め、前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算し、各車輪毎にスリップ率を高精度に求めることができる。

#### 【0040】

そこで、車輪の回転速度のみからスリップ率を推定していた従来技術に比べ、より高精度に各車輪毎にスリップ率を求めることができることから、得られたスリップ率を基に車両の制動力や駆動力をより適切に制御でき、安定した走行をより適切に制御することができる。

更に、前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に150mm以内に配置されているので、車両旋回時の各車輪におけるスリップ率の測定誤差を抑え、スリップ率の検出精度をより高精度なものとすることができる。

#### 【0041】

尚、「車両の制動や加速に応じて発生するトリガー信号」としては、ブレーキが動作することに応じてオン操作されるブレーキスイッチ等からの信号や、加速度センサで検出する加速度が閾値を超えたことに応動して出力される信号や、車輪の周加速度が閾値を超えたことに応動して出力される信号を用いることができる。

#### 【0042】

又、上記4)及び5)に記載の車両によれば、トリガー信号発生装置が車両の制動に応じてトリガー信号を発生すると、記憶装置が、前記トリガー信号の発生時又はその前に検出した回転速度センサからの信号に応じて、車輪の周速度を車軸の速度として記憶し、積分装置が、前記検出時より、加速度センサから出力さ

れる加速度信号に基づく各車輪の進行方向の加速度を積分し、演算装置が、追加分の車軸速度を求め、前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算し、制動制御装置が、得られたスリップ率を基に制動力を制御することができる。

そこで、車輪の回転速度のみからスリップ率を推定していた従来技術に比べ、より高精度に各車輪毎にスリップ率を求めることができることから、車両の制動制御をより高精度に行うことができる。

更に、前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に 1 5 0 mm 以内に配置されているので、車両旋回時の各車輪におけるスリップ率の測定誤差を抑え、スリップ率の検出精度をより高精度なものとすることができ、より最適な制動制御を行うことができる。

#### 【0 0 4 3】

又、上記 6) に記載の車両の制御方法によれば、車両の制動に応じてトリガー信号が発生すると、前記トリガー信号の発生時又はその前に検出した回転速度センサからの信号に応じて、車輪の周速度を車軸の速度として記憶し、前記検出時より、加速度センサから出力される車輪の進行方向の加速度に応じた加速度信号に基づく加速度を積分し、追加分の車軸速度を求め、前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算し、得られたスリップ率を基に制動を制御することができる。

そこで、車輪の回転速度のみからスリップ率を推定していた従来技術に比べ、より高精度に各車輪毎にスリップ率を求めることができることから、車両の制動制御をより高精度に行うことができる。

更に、前記加速度センサが、前記車輪のリム幅内、又は、前記車輪のリム幅の中心線から軸方向に 1 5 0 mm 以内に配置されているので、車両旋回時の各車輪におけるスリップ率の測定誤差を抑え、スリップ率の検出精度をより高精度なものとすることができ、より最適な制動制御を行うことができる。

#### 【0 0 4 4】

又、上記 7) 及び 8) に記載の車輪ユニット及び車両によれば、例えば車両の制動や加速に応じてトリガー信号が発生すると、前記トリガー信号の発生時又は

その前に検出した回転速度センサからの信号に応じて、車輪の周速度を車軸の速度として記憶し、前記検出時より、半導体式の加速度センサから出力される加速度信号に基づく各車輪の進行方向の加速度を積分し、追加分の車軸速度を求め、前記追加分の車軸速度と、新たに検出された車輪の周速度とからスリップ率を演算し、各車輪毎にスリップ率を高精度に求めることができる。

#### 【0045】

そこで、車輪の回転速度のみからスリップ率を推定していた従来技術に比べ、より高精度に各車輪毎にスリップ率を求めることができることから、得られたスリップ率を基に車両の制動力や駆動力をより適切に制御でき、安定した走行をより適切に制御することができる。

#### 【0046】

更に、半導体式の加速度センサから出力された加速度信号は、該加速度センサと共に車両懸架装置のバネ下における車輪ユニットの静止部材に取り付けられた加速度信号処理装置によって、配線の変形による影響を受けない形の信号に処理した後に車体側の制御器に出力される。

即ち、圧電素子や圧電素子を利用した加速度センサ、静電容量型の加速度センサ等のように、高精度な半導体式の加速度センサを常時動いている車両懸架装置のバネ下における車輪ユニットの静止部材に取り付けているにも関わらず、車体側の制御器に出力される信号は、車の揺れや旋回時の配線の動き（振れ）による静電容量や配線抵抗の変化ノイズ等の影響（歪み、ノイズ等）を受けることが無く、正確に各車輪の進行方向の加速度を検出することができる。

#### 【0047】

尚、前記加速度信号処理装置は、加速度信号に対して増幅処理、温度保証回路、タイヤ微小振動除去フィルタ、デジタル化処理等を施すことにより、配線の動きによる影響を受けない形にする処理だけでなく、エンジンの電磁ノイズや温度変化等の他の影響をも受けけない形にする処理を行わせることもできる。

#### 【0048】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて本発明の一実施形態を詳細に説明する。

図 1 及び図 2 は、本発明を実施するための第 1 及び第 2 実施形態に係る車輪支持用輻がり軸受ユニットの断面図であり、かかる車輪支持用輻がり軸受ユニットと制御器とで車両の制御装置を構成しており、これらは車両に搭載されてその一部となる。図 3 は、図 1 及び図 2 中の II-II 線で切断して矢印方向に見た図であり、図 4 は、図 1 及び図 2 中の矢印 III で示す部位の拡大図である。

#### 【0049】

本第 1 及び第 2 実施形態の特徴的な構成は、図 1 及び図 2 に示したように、ハブ 2 に固定した車輪 30 に加わる荷重の方向及び大きさを求めると共に、車輪 3 の回転速度及び進行方向の加速度を求めることで、ABS や TCS を適正に制御できることにある。

この為に本例の場合は、上記ハブ 2 に固定した車輪 30 に加わる荷重の方向及び大きさを求めると共に、車輪 3 の回転速度及び進行方向の加速度を求めることで、ABS や TCS を適正に制御できることにある。

#### 【0050】

そこで本例の場合には、制動ユニットの一部を構成するディスクロータ 35 を挟んで、スタッド 22 を介して車輪 30 のホイールディスク部 31 が取り付けられ、ホイールナット 101 を用いて締結されている上記ハブ 2 に加わる荷重だけでなく、このハブ 2 の回転速度及び加速度を検出自在としている。但し、この回転速度を検出する部分の構造及び作用に就いては、前述の図 26, 27 に示した従来構造と同様であるから、同等部分には同一符号を付して重複する説明は省略し、以下、本実施形態の特徴部分を中心に説明する。

#### 【0051】

本例の場合は、ラジアル方向並びにスラスト方向の変位を検出する為の各変位測定素子（回転速度センサ）27a, 27b（周方向に等間隔にそれぞれ 4 つ配置されている）のうちの、ラジアル方向の変位を検出する変位測定素子 27a により、このラジアル方向の変位と共に回転速度も検出自在としている。即ち、本例の場合は、被検出用円筒部（センサロータ）50 の一部で上記ラジアル方向の変位を検出する変位測定素子 27a に近接対向する部分に、除肉部として機能する多数の透孔 51, 51 を、円周方向に関して等間隔に形成している。

## 【0052】

これら各透孔51, 51は、軸方向に長いスリット状を有している。又、円周方向に隣り合うこれら各透孔51, 51同士の間部分は、充実部として機能する柱部としている。

この様な透孔51, 51を有する上記被検出用円筒部50が回転すると、上記変位測定素子27aの（波形成形処理後の）出力は、図5の実線 $\alpha$ に示す様に変化する。即ち、上記被検出用円筒部50の各透孔51, 51と上記変位測定素子27aとが対向する際に、この変位測定素子27aの出力が低下し、同じく上記各透孔51, 51同士の間部分である各柱部と対向する際に、上記変位測定素子27aの出力が増大する。この様な変位測定素子27aの出力が変化する周波数は、車輪の回転速度に比例する為、出力信号（回転速度信号）をハーネスを通じて制御器60に入力すれば、上記車輪30の回転速度を求める事ができる。

## 【0053】

又、上記ラジアル方向の変位を検出する変位測定素子27aと上記被検出用円筒部50の内周面との距離は、上記被検出用円筒部50のうちの上記各透孔51, 51同士の間部分である各柱部と上記変位測定素子27aとが対向した際の、この変位測定素子27aの出力の大きさから求める事ができる。

## 【0054】

本例の荷重測定装置付車輪支持用転がり軸受ユニットの場合には、変位測定素子27a, 27b毎に出力される合計8種類の検出信号は、それぞれ制御器60に入力されている。そして、この制御器60が、上記変位測定素子27a, 27bから送り込まれる検出信号に基づき、車輪支持用転がり軸受ユニットに加わる、各方向の荷重を求める。

## 【0055】

例えば、上記各車輪支持用転がり軸受ユニットに、車重等に基づく鉛直方向の荷重が加わった場合には、鉛直方向に存在する2個の変位測定素子27a, 27aのうち、上側のラジアル検出部を構成する変位測定素子27aと、ラジアル被検出面である上記被検出用円筒部50の外周面との距離が狭まり、下側の変位測定素子27aで、この距離が広がる。この際の距離の変化量は、上記荷重が大きい

くなる程大きくなる。水平方向に存在する 2 個の変位測定素子 27a, 27a に関しては、この距離は変化しない。

#### 【0056】

これに対して、何らかの原因で水平方向（前後方向）の荷重が加わった場合には、水平方向に存在する 2 個の変位測定素子 27a, 27a のうち、荷重の作用方向前側の変位測定素子 27a で、ラジアル検出部を構成する変位測定素子 27a と、ラジアル被検出面である上記被検出用円筒部 50 の外周面との距離が広がり、作用方向後側の変位測定素子 27a で、この距離が狭まる。この際の距離の変化量も、上記荷重が大きくなる程大きくなる。鉛直方向に存在する 2 個の変位測定素子 27a, 27a に関しては、この距離は変化しない。

#### 【0057】

斜め方向の荷重によっては、総てのセンサユニット 27a, 27a に関して、上記距離が変化する。従って、円周方向に関して等間隔に配置された 4 個の変位測定素子 27a, 27a の検出信号を比較すれば、ラジアル荷重の作用する方向とその大きさを知る事ができる。尚、上記各部の距離の変化量とラジアル荷重の大きさとは、予め実験、或はコンピュータ解析により求めておく。

#### 【0058】

次に、旋回走行等により前記ハブ 2 にモーメント荷重が加わり、このハブ 2 の中心軸と前記外輪 1 の中心軸とが不一致になった場合に就いて説明する。

この場合には、スラスト検出部を構成する前記変位測定素子 27b, 27b の検出信号に基づいて、上記モーメント荷重の方向及びその大きさを求める。例えば、旋回時に（旋回円の径方向に関して）外側の車輪を支持したハブ 2 には、遠心力により大きなモーメント荷重 M が、図 1（図 2）の矢印方向（時計回り方向）に加わる。この結果、上記ハブ 2 の中心軸が、上記外輪 1 の中心軸に対し傾斜する。

#### 【0059】

この状態では、鉛直方向に配置された 1 対の変位測定素子 27b, 27b のうち、一方の変位測定素子 27b に関するスラスト検出部とスラスト被検出面との距離が縮まり、他方の変位測定素子 27b に関するスラスト検出部とスラスト被



検出面との距離が広がる。例えば図示の例の場合には、上側のスラスト検出部を構成する変位測定素子 27b と、スラスト被検出面である前記被検出用円筒部 50 の内側面 50a との距離が縮まる。これに対して、下側の変位測定素子 27b と上記内側面 50a との距離が広がる。

#### 【0060】

この場合に、各変位測定素子 27b, 27b と内側面 50a との距離が変化する量は、上記モーメント荷重Mが大きくなる程大きくなる。従って、円周方向に関して等間隔に配置された4個のスラスト検出部を構成する上記各変位測定素子 27b, 27b の検出信号を比較すれば、モーメント荷重の作用する方向とその大きさとを知る事ができる。

#### 【0061】

又、モーメント荷重が水平方向に加わった場合には、水平方向に配置した2個の変位測定素子 27b, 27b の検出信号に基づいて、上記モーメント荷重の方向と大きさとを求める。更に、モーメント荷重が斜め方向に加わった場合には、総て(4個)の変位測定素子 27b, 27b の検出信号に基づいて、上記モーメント荷重の方向と大きさとを求める。尚、上記各部の距離の変化量とモーメント荷重の大きさとの関係、更には各変位測定素子 27b, 27b の検出信号の差とモーメント荷重の作用方向との関係に関しても、予め実験、或はコンピュータ解析により求めておく。

#### 【0062】

更に、何らかの原因で前記ハブ2にスラスト荷重が加わった場合には、総ての変位測定素子 27b, 27b に関して、上記内側面 50a との距離が変化する。そして、この変化の方向(広がるか縮まるか)により上記スラスト荷重の方向が分かり、変化量でその大きさが分かる。

尚、実際の走行時には、上記ハブ2に対して純ラジアル荷重、純モーメント荷重、或は純スラスト荷重が加わる事は稀であり、これら各荷重が混ざり合った状態で、上記ハブ2に加わる。従って制御器60は、上記各変位測定素子 27a, 27b から送り込まれる、合計8種類の検出信号に基づいて、上記ハブ2に加わる荷重の種類、方向、大きさを求める。この様に、8種類の検出信号から荷重の

種類、方向、大きさを求めるプログラムは、予め多数の実験、或はコンピュータシミュレーションにより決定して、上記制御器 60 を構成するマイクロコンピュータ中にインストールしておく。

#### 【0063】

ところで、例えば軸受の温度変化によって、回転速度センサ（変位測定素子 27a, 27b）と、センサターゲット（被検出用円筒部 50）とのエアギャップが変化し、或いはセンサヘッドの温度ドリフト等が生じ、それにより正確に荷重を測定できない恐れがある。そこで、本実施の形態では、かかる問題を以下の構成にて解消している。

本第 1 及び第 2 実施形態において、図 1 及び図 2 に示すように、回転数検出手段を構成する回転速度検出センサユニット 5 内に、加速度センサ 61（Z（例えば鉛直）方向の加速度を検出）と、加速度センサ 62（X（例えば水平前後）方向の加速度を検出）と、加速度センサ 63（Y（例えば水平左右）方向の加速度を検出）と、をそれぞれ軸線が交差するようにして設けている。加速度センサ 61～63 は、それぞれ制御器 60 に接続されている。

#### 【0064】

ここで、第 1 本実施形態では、図 1 に示したように、各加速度センサ 61～63 を車輪 30 におけるホイールリム 32 のリム幅 W 内に配置しており、第 2 本実施形態では、図 2 に示したように、各加速度センサ 61～63 を車輪 30 におけるホイールリム 32 のリム幅の中心線 O から軸方向に沿って車体側（図 2 中、右側）に 150 mm 以内（プラスオフセット量 150 mm 以内）に配置している。

#### 【0065】

これにより、特に車両旋回時における加速度センサの検出誤差を大幅に抑制することができ、高精度なスリップ率の検出精度を得ることができる。

即ち、各加速度センサ 61～63 は、車輪支持用転がり軸受ユニットに付いていれば何処でも良いわけではない。直線走行時ではそれで良いが、旋回時には場合によって、スリップ率の検出の誤差が生じる。

#### 【0066】

勿論、各加速度センサ 61～63 は、車輪 30 の中心線 O 上に配置することが

理想的であるが、実際には車輪 30 の中心位置にはホイール支持部やハブ等が配置されており、図 1 及び図 2 に示したように車輪 30 の中心に取り付けられずに、オフセットして取り付けられる。特に、トラック等の車輪が 2 個合わさっている副輪構造では、車輪の中心への取り付けが難しい。

#### 【0067】

従って、各加速度センサ 61～63 は、各車輪 30 の挙動を測定するものであるから、第 1 実施形態に示したように車輪 30 のリム幅 W 内に取り付けることで、車両旋回時における検出誤差を大幅に抑制することができ、高精度なスリップ率の検出精度を得ることができる。

#### 【0068】

又、本発明者等が更に詳しく加速度センサの取り付け位置を変えて各種シミュレーションをしたところ、必ずしも各加速度センサが車輪 30 の中心に取付けられなくても、車輪 30 の中心線 O から一定の範囲内に取り付けるのであれば、実用レベルで使えることがわかった。

下記表 1 は、車輪 30 のリム幅 (200 mm) の中心線 O から軸方向沿ったオフセット量を変えて加速度センサを取り付けた場合の旋回時のスリップ率の誤差の比較を示す。尚、表 1 中、◎が最も誤差が少なく、○が◎に次いで誤差が少なく、△が○に次いで誤差が少ない場合でスリップ率の誤差が許容範囲であり、×はステップ率の誤差が許容範囲外となったものである。

#### 【0069】

【表 1】

中心線Oから 軸方向オフセ ット量 (mm)	-250	-200	-150	-100	-50	0	50	100	150	200	250
旋回時のスリッ プ率の誤差	×	×	△	○	○	◎	○	○	△	×	×

## 【0070】

表1から判るように、加速度センサを車輪30の中心線Oから軸方向に沿って外側及び車体側に150mm以内（即ち、マイナスオフセット量及びプラスオフセット量がそれぞれ150mm以内）に配置することで、スリップ率の誤差を許容範囲にできることが確認できる。

尚、前記各加速度センサ61～63は、軸線に沿った加速度の大きさに対応する電気信号を出力できるものであり、例えば圧電素子を用いたものであって良く、その構成については良く知られているので、以下に詳細は記載しない。

## 【0071】

図6は、本第1及び第2実施形態の制御器60にて行われる車両の制御方法を実行するためのフローチャート図である。尚、制御器60は、図1及び図2に示したように、トリガー信号発生装置60aと、記憶装置60bと、積分装置60cと、演算装置60dと、制動制御装置60eとを有する。

図6を参照して、本第1及び第2実施形態の動作について説明する。

図6のステップS101で、制御器60は、車両の制動に応じて出力される信号をリアルタイムで受信し、ステップS102で、いずれの出力信号が閾値（実験等により予め定められ記憶された値）を超えたか否か監視する。例えば、本第1及び第2実施形態の車輪支持用転がり軸受ユニットを搭載した車両において、

ブレーキ装置Bを作動させたような場合、X方向の加速度を検出する加速度センサ62からの出力信号（加速度信号）が閾値を超えるので、制御器60のトリガー信号発生装置60aは、制動する車両に所定の姿勢変化が生じたと判断して、ステップS103でトリガー信号を発生する。但し、運転者がブレーキペダルを踏んだとき、それに連動して出力されブレーキランプを点灯させるブレーキ信号を、直接トリガー信号として用いても良い。

#### 【0072】

制御器60の記憶装置60bは、変位測定素子27aから出力された信号に基づき決定される現在の車輪回転速度を繰り返し記憶している。制御器60は、トリガー信号の発生に応じて、トリガー信号発生時またはその直前（制動基準時）における変位測定素子27aから出力された信号に基づき決定される車輪回転速度より、車輪の周速度 $V_{c0}$ を求め、記憶装置60bは、これを基準車軸速度 $V_{x0}$ として記憶する（ステップS104）。

#### 【0073】

減速が持続している間、前記加速度センサ62は、進行方向（車両の前後方向）における減速 $G$ を検出し続けるため、制御器60の積分装置60cが、その出力信号に基づき決定される車軸の進行方向加速度 $A_x$ を積分して積分値（追加分の車軸速度）を得、演算装置60dが、記憶された基準車軸速度 $V_{x0}$ から追加分の車軸速度を差し引くことで、現在の車軸速度（対地速度） $V_x$ を演算する（ステップS105）。

#### 【0074】

そして、現在の車軸速度 $V_x$ と、変位測定素子27aから出力された信号に基づきリアルタイムで決定される車輪回転速度から求まる現在の周速度 $V_c$ とを用いて、演算装置60dが、以下の式（1）でスリップ率 $\lambda$ を計算する（ステップS106）。

$$\lambda = (V_x - V_c) / V_x \quad \dots (1)$$

#### 【0075】

更に、制御器60の制動制御装置60eが、ブレーキ装置Bを制御して、ブレーキパッドに適切な押圧力を付与することで、スリップ率 $\lambda$ が、0.1～0.2

(この領域を「粘着領域」という)になるように、各車輪 30 を制動制御する (ステップ S107)。以上のスリップ率の演算は、ステップ S108 で、車両制動制御が不要と判断される (たとえば減速の場合、車軸速度がゼロ又はその近傍となる) まで実行される。その後、ステップ S109 で、内蔵メモリに記憶された基準速度はリセットされる。

#### 【0076】

加速度の検出は、車両の各車輪 30 毎に行うことが好ましい。一般的な加速度センサは、少しでも傾斜していると重力の影響を受け、従って取り付け方向や位置の影響を受けやすく、それに対応する信号を出力してしまうので、誤差を運転初期時や停止時に補正したり、走行時や制動直前の加速度センサの出力特性を、各車輪 30 の回転速度を元に補正して、制御器 60 のメモリに予め記憶しておくことが好ましい。

#### 【0077】

更に、走行する路面が前後左右に傾斜している場合と、制動時に前方に車体が傾斜する場合と、コーナリング時に左右に車体が傾斜する場合とで、加速度センサはそれぞれ影響を受ける。これに対し、例えばブレーキをかけた後は、スリップ率が正確に求まらない限り、回転速度センサからの出力を、加速度センサにおける車体や路面の傾斜による影響を補正するために用いることはできない。

#### 【0078】

そこで、車輪軸近傍に、車軸周りの角速度を検出する角速度センサを取り付け、その角速度を基に、傾斜に起因する加速度センサや回転速度センサの出力誤差を補正することが望ましい。これらの補正によって、ブレーキスイッチがオンするなどのトリガー信号が出力されたとき、又はその直前からの加速度センサからの信号に基づき、加速度の正確な積分が可能となる。

#### 【0079】

尚、上述の車両の制御方法においては、車輪 30 の回転速度と、進行方向の加速度と、車軸周りの角速度を求めれば足りるが、横方向や垂直方向の加速度を含めて検出できる 3 軸加速度センサや、進行方向や垂直方向軸周りの角速度を含めて検出できる 3 軸角速度センサを用いることで、車体の回転や傾斜に基づく制御

も可能となる。

例えば、進行方向に対し横方向の加速度を積分すれば、車輪の横方向にずれる速度が求まり、この横方向速度をできるだけ小さくするようにブレーキ圧力を制御して、コーナリング・フォースを制御することもできる。

#### 【0080】

更に、ブレーキスイッチがオンするなどのトリガー信号が出力されたとき、又はその直前から加速度を積分する際に、車体や路面の前後左右方向の傾斜に起因する誤差の補正に関して、各車輪と車体4隅に設けた垂直加速度センサからの信号により、車体や路面の傾斜を求めて、それに基づいて加速度センサや回転速度センサの出力信号を補正することもできる。

#### 【0081】

尚、図14に示すように、比較的安価な加速度センサIC2個を中心軸Xから距離dだけ離して配置し、軸線方向の加速度aを各々求め、以下の式から角加速度 $A\theta$ を求めることができる。

$$\begin{aligned} A\theta &= (2\text{つの加速度の差: } a - (-a)) / d \\ &= 2a \end{aligned}$$

この場合、軸線方向平行移動と、傾動（紙面に垂直な軸周り）とを区別できる。角加速度 $A\theta$ を積分して角速度 $V\theta$ を得ることができ、角速度 $V\theta$ を積分すれば、傾斜角度 $\theta$ が求まる。重力加速度gの傾き補正分は、 $g \cdot \sin \theta$ となる。

#### 【0082】

このように、車両の発進・制動時にトリガー信号を発生させ、前後方向加速度を積分すれば、正確な車体（車軸）速度を演算することができ、正確なスリップ率の演算も実現する。すなわち、トリガー信号の発生前は、車輪速度＝車体速度となるので、トリガー信号の発生直前の車輪速度を基準車体速度として、トリガー信号発生後に積分した前後方向加速度を基準車体速度より差し引くことで、正確な車軸速度 $V_x$ を求めることができる。

#### 【0083】

また、車両のコーナリング時には、各車輪の方向や速度が異なるので、各車輪のより正確なスリップ率を求める必要が出てくる。そのため、各軸受ユニットに

加速度センサを内蔵すれば、上記単なる車軸速度 ( $V_x$ ) ではなく、各車輪の正確な基準車輪速度 ( $V_T$ ) が求まり、各車輪のスリップ率  $\lambda T$  を以下の式 (2) で求めることができる。

$$\lambda T = (V_T - V_c) / V_T \quad \dots (2)$$

【0084】

次に、車輪半径  $R$  の求め方について説明する。

車軸速度増加分  $\Delta V_x$  と車輪回転速度増加分  $\Delta V_\theta$  とを比較することで、車両の走行中にリアルタイムで、車輪半径  $R$  を以下のようにして測定できる。まず、車軸速度増加分  $\Delta V_x$  と、車軸の進行方向加速度  $A_x$  とは、以下の式 (3) の関係がある。

【0085】

【数1】

$$\Delta V_x = \int_{t1}^{t2} (A_x) dt \quad \dots (3)$$

但し、 $t1$ 、 $t2$  は任意の時刻である。

【0086】

車軸速度増加分  $\Delta V_x$  と、車輪回転速度増加分  $\Delta V_\theta$  と、車輪半径  $R$  とは、以下の式 (4) で表される。

$$R = \Delta V_x / \Delta V_\theta \quad \dots (4)$$

すなわち、車軸の進行方向加速度  $A_x$  と車輪回転速度増加分  $\Delta V_\theta$  とを用いて、車輪半径  $R$  を求めることができる。

尚、車両の進行方向加速度  $A_x$  と、車輪の回転角速度  $A_\theta$  とから、以下の式 (5) で直接、車輪半径  $R$  を求めることもできるが、 $A_x = 0$ 、 $A_\theta = 0$  のときは、式 (5) の解を求められないので、一定値以上の加速度が生じたときに得られた測定値を元に計算するのが好ましい。上述したスリップの少ない範囲で、加速度を測定すると好ましい。実際的には、スリップ率の影響を回避すべく、複数の



測定値の計算結果を平均すると良い。

$$R = A_x / A_\theta \quad \dots (5)$$

【0087】

更に、車輪半径Rの別な求め方について説明する。

車軸移動距離の増加分 $\Delta L_x$ と車輪回転角増加分 $\Delta L_\theta$ とを比較することで、車輪半径Rを以下のようにして測定できる。まず、車軸移動距離の増加分 $\Delta L_x$ と、車軸の進行方向加速度 $A_x$ とは、以下の式(6)の関係がある。

【0088】

【数2】

$$\Delta L_x = \int_{t_1}^{t_2} \int (A_x) dt dt \quad \dots (6)$$

【0089】

そして、車軸移動距離の増加分 $\Delta L_x$ と、車輪回転角増加分 $\Delta L_\theta$ と、車輪半径Rとは、以下の式(7)で表される。

$$R = \Delta L_x / \Delta L_\theta \quad \dots (7)$$

すなわち、車軸の進行方向加速度 $A_x$ と車輪回転角増加分 $\Delta L_\theta$ とを用いて、車輪半径Rを求めることができる。

【0090】

例えば、動力をかけず且つブレーキもかけない状態で、車輪半径Rを繰り返し計算してメモリに記憶し、スリップ時に、その直前に記憶した車輪半径Rを用いてスリップ率 $\lambda$ を求めると好ましい。加速度センサの傾きによる誤差は5度で0.4%であるので、必要に応じて補正に用いる。

このようにリアルタイムで車輪半径Rを求めることができるので、車輪回転速度 $V_\theta$ から正確な走行速度 $V_x$ 及び走行距離 $L_x$ を、以下の式(8)、(9)で求めることができる。

$$V_x = R V_\theta \quad \dots (8)$$

$$L_x = R L \theta \quad \dots (9)$$

## 【0091】

更に、車輪半径  $R$  を求めることができれば、車輪の空気圧が適正か否かを判断することができる。例えば、適正空気圧時の車輪半径  $R$  をメモリに記憶しておいて、走行中にリアルタイムで求めた車輪半径  $R$  と比較し、閾値を下回った場合に警報を発するようにすれば、車輪の空気圧の低下を運転者に知らせ、バースト防止などを図ることができる。

例えば、車輪半径 300 mm、リム半径 178 mm の場合、車輪の空気圧減少による車輪半径の変化は 5 % 前後と考えられる。

## 【0092】

尚、トリガー信号としては、ブレーキスイッチからの信号に限らず、車輪（車軸）の進行方向加速度  $A_x$  や車輪の周加速度  $A_c$  の変化を用いることもできる。例えば、車輪の進行方向加速度  $A_x$  と、車輪の周加速度  $A_c$  との差が一定値以上となったら、ずれた時点に戻って、そこをトリガー時点とすれば、ブレーキ信号を用いる必要はなく、従って、以下の式（10）で求まる駆動時のスリップ率  $\lambda_d$  を求める場合のトリガーを構成しうる。

$$\lambda_d = 1 - (V_x / V_c) \quad \dots (10)$$

## 【0093】

尚、車輪の周速度  $V_c$  を微分して周加速度  $A_c$  として、それと車輪の進行方向加速度  $A_x$  とを比較して、各車輪のブレーキ圧力を制御することができる。その場合、スリップ率  $\lambda$  は、 $(A_c / A_x)$  を積分しておき、それを 1 から引いて求めることができ（ $\lambda = 1 - \int (A_c / A_x)$ ）、また、駆動時のスリップ率  $\lambda_d$  は、 $(A_x / A_c)$  を積分しておき、それを 1 から引いて求めることができる（ $\lambda_d = 1 - \int (A_x / A_c)$ ）。

## 【0094】

このような実施の形態によれば、各車輪のリム幅内、又は、リム幅の中心線  $O$  から軸方向に 150 mm 以内に配置されるように簡単な加速度センサを取り付けるだけで、各車輪毎に上述した式に従う正確な制御を、サスペンションなどの影響を受けることなく行うことができる。また、制御方式は、従来と同様であるた

め、従来のシステムを用いることができる。

#### 【0 0 9 5】

図 7 及び図 8 は、本発明を実施するための第 3 及び第 4 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

本第 3 及び第 4 実施形態において、図 1 及び図 2 に示した第 1 及び第 2 実施形態に対して異なる部分を主として説明し、同様な構成に関しては同符号を付すことで説明を省略する。

#### 【0 0 9 6】

外輪 1 の図 7 (図 8) 中右端には、カバー部材 1 0 4 が取り付けられている。又、ハブ 2 の図 7 (図 8) 中右端には、周方向に等間隔に開口を設けた円盤状のセンサロータ 1 2 9 b が取り付けられている。

カバー部材 1 0 4 には、センサロータ 1 2 9 b の開口に対向するようにして、回転速度センサ 1 2 7 a が取り付けられている。又、カバー部材 1 0 4 には、加速度センサ 1 6 3 が取り付けられている。車輪 3 0 の回転速度を検出しそれに応じた信号を出力する回転速度センサ 1 2 7 a と、車輪 3 0 の進行方向加速度を検出しそれに応じた信号を出力する加速度センサ 1 6 3 とは、不図示の制御器 6 0 に接続されている。

#### 【0 0 9 7】

更に、第 3 実施形態では、図 7 に示したように、前記加速度センサ 1 6 3 は、車輪 3 0 におけるホイールリム 3 2 のリム幅 W 内しており、第 4 本実施形態では、図 8 に示したように、各加速度センサ 6 1 ~ 6 3 を車輪 3 0 におけるホイールリム 3 2 のリム幅の中心線 O から軸方向に沿って車体側 (図 8 中、右側) に 1 5 0 mm 以内 (プラスオフセット量 1 5 0 mm 以内) に配置している。

本第 3 及び第 4 実施形態の車輪支持用転がり軸受ユニットを用いることで、不図示の制御器 6 0 にて、図 9 に示した制御動作が実行される。

#### 【0 0 9 8】

図 9 は、図 1, 2, 7, 8 に示す車輪支持用転がり軸受ユニットを用いて制御器 6 0 で実行される車両の別の制御方法を実行するためのフローチャート図である。

図9のステップS201で、制御器60は、車両の制動に応じて出力される信号をリアルタイムで受信し、ステップS202で、いずれの出力信号が閾値（実験等により予め定められ記憶された値）を超えたか否か監視する。例えば上記各実施形態の車輪支持用転がり軸受ユニットを搭載した車両において、ブレーキ装置Bを作動させたような場合、車輪30の進行方向加速度を検出する加速度センサ62（163）からの出力信号が閾値を超えるので、制御器60は、制動する車両に所定の姿勢変化が生じたと判断して、ステップS203でトリガー信号を発生する。

#### 【0099】

制御器60は、トリガー信号発生時又はその直前から、変位測定素子27aから出力された信号に基づき決定される現在の車輪回転速度と、車輪の半径とから決定される車輪の周速度 $V_c$ を微分しつつ、微分値（車輪の周加速度） $A_c$ を得る（ステップS204）。

#### 【0100】

更に、加速度センサ62（163）からの出力信号から、車軸の進行方向加速度 $A_x$ を決定し（ステップS205）、前記微分値 $A_c$ と進行方向加速度 $A_x$ とをもとに各車輪を制動制御する（ステップS206）。

このようにして、各車輪毎に制動制御することで、ABSやTCSの制御をより高精度に行うことができる。以上のスリップ率の演算は、ステップS207で、車両制動制御が不要と判断される（たとえば減速の場合、車両速度がゼロとなる）まで実行される。その後、ステップS208で、内蔵メモリに記憶された基準速度はリセットされる。

#### 【0101】

図10及び図11は、本発明を実施するための第5及び第6実施形態に係るナックルユニット及び車輪ユニットの断面図である。本第5及び第6実施形態においては、図1及び図2に示した第1及び第2実施形態に対して異なる部分を主として説明し、同様な構成に関しては同符号を付すことで説明を省略する。

#### 【0102】

図10及び図11において、転がり軸受ユニット100のハブ2の図中左方に

は、制動ユニットの一部を構成するディスクロータ 35 を挟んで、スタッド 22 を介して車輪 30 のホイールディスク部 31 が取り付けられ、ホイールナット 101 を用いて締結されている。

転がり軸受ユニット 100 の外輪 1 は、ナックル部材 103 と共に静止部材を構成しており、不図示の車体に対して取り付けられた不図示の懸架装置を支持するナックル部材 103 の内周面に嵌合されている。

#### 【0103】

ナックル部材 103 の孔内には、車両の進行方向及び車両の上下左右方向の加速度を検出する加速度センサ 163 が取り付けられ、ナックル部材 103 の内周面には、回転速度センサ 129b が取り付けられている。

前記回転速度センサ 129b は、転がり軸受ユニット 100 のハブ 2 に嵌合する内輪 2A 側（ハブ 2 と内輪 2A とで回転部材を構成）に取り付けられたセンサロータ 127A に対向し、ハブ 2 すなわち車輪 30 の回転数を検出するようになっている。

#### 【0104】

そして、車輪ユニット 110 は、前記回転速度センサ 129b を有する転がり軸受ユニット 100、前記加速度センサ 163 を有するナックル部材（即ち、ナックルユニット）103、ディスクロータ 35 を含む制動ユニット、及び車輪 30 により構成されている。

#### 【0105】

更に、第 5 実施形態では、図 10 に示したように、前記加速度センサ 163 は、車輪 30 におけるホイールリム 32 のリム幅 W 内に配置しており、第 6 本実施形態では、図 11 に示したように、各加速度センサ 61～63 を車輪 30 におけるホイールリム 32 のリム幅の中心線 O から軸方向に沿って車体側（図 11 中、右側）に 150mm 以内（プラスオフセット量 150mm 以内）に配置している。

即ち、本第 5 及び第 6 実施形態のナックル部材 103 及び車輪ユニット 110 を用いることで、図 6 又は図 9 に示した車両の制御方法を実行できる。

#### 【0106】

図12及び図13は、本発明を実施するための第7及び第8実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

本第7及び第8実施形態において、図1及び図2に示した第1及び第2実施形態に対して異なる部分を主として説明し、同様な構成に関しては同じ符号を付すことで説明を省略する。

外輪1の図12中右端には、カバー部材204が取り付けられている。又、ハブ2と一体的に回転する内輪2Aの図中右端には、周方向に等間隔に開口を設けた円筒状のセンサロータ129bが取り付けられている。

#### 【0107】

カバー部材204には、センサロータ129bの開口に半径方向内側から対向するようにして、検出部を水平方向に延在させた回転速度センサ127aが取り付けられている。又、カバー部材204には、回転軸と軸対称になるよう一対の加速度センサ163、163が取り付けられている。

車輪30の回転速度を検出しそれに応じた回転速度信号を出力する回転速度センサ127aと、車輪の進行方向加速度を検出しそれに応じた加速度信号を出力する加速度センサ163は、不図示の制御器60に接続されている。

#### 【0108】

又、第7実施形態では、図12に示したように、前記加速度センサ163は、車輪30におけるホイールリム32のリム幅W内しており、第8本実施形態では、図13に示したように、各加速度センサ61～63を車輪30におけるホイールリム32のリム幅の中心線Oから軸方向に沿って車体側（図13中、右側）に150mm以内（プラスオフセット量150mm以内）に配置している。

#### 【0109】

次に、本発明に係るスリップ率測定方法及び車両の制御方法の実施の形態についてその例を説明する。

まず、スリップ率を測定する方法について説明する。

車輪のタイヤが路面をしっかりとグリップして回転している時には、タイヤの表面と路面との間には、クリープが発生している。そのため、実スリップが発生していないときでも、タイヤの回転による周速度は、駆動時には、車体の進行速度

より見かけ上速めに見え、制動時には、車体の進行速度より見かけ上遅めに見える。その速度差は、即ちクリープに起因するものである。

通常、この速度差がおよそ±20%の範囲以内であれば、タイヤは路面をグリップしている状態にある。つまり、スリップ率が、実質クリープ率のみからなる0.2前後までの値であるときに、駆動力や制動力がタイヤから路面に伝わってグリップが得られるが、これを超えると実スリップが発生して、車両の安定した制御を行うことが困難となる。

#### 【0110】

スリップ率は、クリープ率と実スリップ率からなるという見地に基づき、本発明では大別して3つの測定方法を提案している。本明細書中ではその3つを、便宜上、①微分法、②積分法、③合成法と呼ぶこととして、以下に順に説明する。なお、これらの方法を実施するにあたり、上述したような少なくとも各車輪に加速度センサと回転速度センサ（この2つを併せてスリップセンサと呼ぶ）とを備えた車輪ユニット、車輪支持用転がり軸受ユニット（スリップセンサベアリングと呼ぶ）、又は車両（スリップコントロールシステムと呼ぶ）を用いることが好ましい。

#### 【0111】

##### ①微分法

まず、クリープ及び実スリップが発生していない、スリップ率が実質的にほぼゼロである状態において、各車輪のタイヤ半径を求める。つまり、車輪におけるタイヤに駆動力または制動力が作用していないような車両の予備走行時に、「車輪の進行速度 $V_x$ は、タイヤ半径 $R$ に、タイヤの回転角速度 $V_\theta$ を掛けて求まる。」という基本式、即ち下記の式(11)と、この式(11)を微分した、「車輪の進行加速度 $A_x$ は、タイヤ半径 $R$ に、タイヤの回転角加速度 $A_\theta$ を掛けて求まる。」という式(12)を用いて、タイヤ半径 $R$ を求める。

ここで、車両の予備走行とは、例えば路面の傾斜が-4度から+2度である平地で、4km/h以下の低速度で、0.05G以下の低加速度であるような走行状態が好ましい。

$$V_x = R V_\theta \quad \dots (11)$$

$$A_x = R A_\theta \quad \dots (12)$$

## 【0112】

この式(11)及び式(12)において、予備走行時の予備進行加速度 $A_x$ と予備回転角速度 $V_\theta$ は、車輪に取り付けられた加速度センサと回転速度センサから検出されて求められる。更に、予備回転角加速度 $A_\theta$ は、式(11)の予備回転角速度 $V_\theta$ を微分することで求められる。このように、式(12)において、予備進行加速度 $A_x$ と予備回転角加速度 $A_\theta$ が判り、正確なタイヤ半径 $R$ が求められる。ここで得られたタイヤ半径 $R$ は、一時的にメモリ（例えば図1に示した記憶装置60）に記憶しておく。

更に、式(11)にタイヤ半径 $R$ と予備回転角速度 $V_\theta$ を代入して、正確な予備進行速度 $V_x$ を求めることができる。

## 【0113】

予備走行時において車輪のタイヤ半径 $R$ を求めた後には、実際にタイヤに駆動力または制動力が作用しているような実走行時において、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径 $r$ を求めて、この見かけのタイヤ半径 $r$ と、予備走行時に求めたタイヤ半径 $R$ との比率 $r/R$ から、タイヤのスリップ率 $\lambda$ を求める。

上述したように、実走行時にはタイヤの回転による周速度と車体の進行速度との間に速度差が発生するが、この速度差をゼロ（即ちスリップ率がゼロ）と置き換えて、タイヤ半径が変化しているものと見なすと、上述した式(11)及び(12)におけるタイヤ半径 $R$ を見かけのタイヤ半径 $r$ とした下記の式(13)及び(14)を用いて、見かけのタイヤ半径 $r$ を求めることができる。

$$V_x = r V_\theta \quad \dots (13)$$

$$A_x = r A_\theta \quad \dots (14)$$

## 【0114】

この式(13)及び式(14)において、実走行時の実進行加速度 $A_x$ と実回転角速度 $V_\theta$ は、車輪に取り付けられた加速度センサと回転速度センサから検出されて求められる。更に、実回転角加速度 $A_\theta$ は、式(13)の実回転角速度 $V_\theta$ を微分することで求められる。このように、式(14)において、実進行加速



度  $A_x$  と実回転角加速度  $A_\theta$  が判り、見かけのタイヤ半径  $r$  が求められる。

更に、式 (13) にタイヤ半径  $r$  と実回転角速度  $V_\theta$  を代入して、正確な実進行速度  $V_x$  を求めることができる。

#### 【0115】

見かけのタイヤ半径  $r$  と予備走行時に求めたタイヤ半径  $R$  との比は、タイヤの回転速度と車体速度との差の程度を表すものであり、つまり、スリップ (クリープ+実スリップ) の程度を示すものである。従って、スリップ率  $\lambda$  は次に示す式 (15) により求められる。

$$r/R = 1 \pm \lambda \quad \dots (15)$$

#### 【0116】

以上説明した微分法によれば、車両の前輪、後輪、駆動輪、従動輪、操舵輪に関わらず、直進時、旋回時、加速時、減速時、登坂時、高速時の何れの場合においても、常時リアルタイムに、各車輪ごとに測定を行うことができ、スリップ率を高精度に求めることができる。従って、車両の安定した走行を維持することができる。

#### 【0117】

##### ②積分法

まず、上記の式 (11) 及び式 (12) を用い、さらに式 (12) を単位時間  $\Delta$  あたりで積分した下記の式 (16) を用いて、車両の予備走行時のタイヤ半径  $R$  を求める。

$$\Delta V_x = R \Delta V_\theta \quad \dots (16)$$

ここで、上述した微分法と同様に、予備走行時の予備進行加速度  $A_x$  と予備回転角速度  $V_\theta$  は、車輪に取り付けられた加速度センサと回転速度センサから検出されて求められる。更に、予備回転角加速度  $A_\theta$  は、式 (11) の予備回転角速度  $V_\theta$  を微分することで求められる。このように求められた予備進行加速度  $A_x$  と予備回転角加速度  $A_\theta$  を式 (12) に代入して積分することで、式 (16) に示した予備進行速度の増加量  $\Delta V_x$  と予備回転角速度の増加量  $\Delta V_\theta$  が算出され、これにより正確なタイヤ半径  $R$  が求められる。ここで求められたタイヤ半径  $R$  は、単位時間  $\Delta$  で積分された値から算出されているため、積分の単位時間  $\Delta$  内の

データのばらつきの誤差が平均化されている。ここで得られたタイヤ半径  $R$  は、一時的にメモリに記憶しておく。

更に、式 (11) にタイヤ半径  $R$  と予備回転角速度  $V_\theta$  を代入して、正確な予備進行速度  $V_x$  を求めることができる。

#### 【0118】

また、予備走行時において車輪のタイヤ半径  $R$  を求めた後には、実走行時において、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径  $r$  を求めて、上記の微分法と同様に、この見かけのタイヤ半径  $r$  と、予備走行時に求めたタイヤ半径  $R$  との比率  $r/R$  から、タイヤのスリップ率  $\lambda$  を求める。

この積分法において、見かけのタイヤ半径  $r$  は、上記の式 (13) 及び式 (14) と、式 (14) を単位時間  $\Delta$  あたりで積分した下記の式 (16) を用いて求める。

$$\Delta V_x = r \Delta V_\theta \quad \dots (17)$$

#### 【0119】

ここで、上述した微分法と同様に、実走行時の実進行加速度  $A_x$  と実回転角速度  $V_\theta$  は、車輪に取り付けられた加速度センサと回転速度センサから検出されて求められる。更に、実回転角加速度  $A_\theta$  は、式 (13) の実回転角速度  $V_\theta$  を微分することで求められる。このように求められた実進行加速度  $A_x$  と実回転角加速度  $A_\theta$  を式 (14) に代入して積分することで、式 (17) に示した実進行速度の増加量  $\Delta V_x$  と実回転角速度の増加量  $\Delta V_\theta$  が算出され、これにより見かけのタイヤ半径  $r$  が求められる。ここで求められた見かけのタイヤ半径  $r$  は、単位時間  $\Delta$  で積分された値から算出されているため、積分の単位時間  $\Delta$  内のデータのばらつきの誤差が平均化されている。

更に、式 (13) にタイヤ半径  $r$  と実回転角速度  $V_\theta$  を代入して、正確な実進行速度  $V_x$  を求めることができる。

#### 【0120】

このようにして求めた見かけのタイヤ半径  $r$  と予備走行時に求めたタイヤ半径  $R$  とを、微分法と同様に式 (15) に代入することで、スリップ率  $\lambda$  を求めることができる。

## 【0121】

以上説明した積分法によれば、車両の前輪、後輪、駆動輪、従動輪、操舵輪に関わらず、直進時、旋回時、加速時、減速時、登坂時、高速時の何れの場合においても、常時リアルタイムに、各車輪ごとに測定を行うことができ、スリップ率を高精度に求めることができる。従って、車両の安定した走行を維持することができる。また、タイヤ半径  $R$  と見かけのタイヤ半径  $r$  は、ばらつきの誤差が平均化されているため、単位時間あたりのスリップ率をより正確に求めることができる。

## 【0122】

## ③合成法

この合成法は、車両が従動輪を有する場合に好適に用いられるものである。ここでは、2つの従動輪と2つの駆動輪とを有する車両を用いる場合について説明する。

従動輪の一方を  $i$ 、従動輪の他方を  $ii$ 、駆動輪の一方を  $iii$ 、駆動輪の他方を  $iv$  とおくと、予備走行時の各車輪の予備進行速度  $V_x$  は、上記の式 (11) から、下記の式 (18) のように表される。

$$V_x = R_i V_{\theta i} = R_{ii} V_{\theta ii} = R_{iii} V_{\theta iii} = R_{iv} V_{\theta iv} \quad \dots (18)$$

## 【0123】

この式 (18) から、従動輪  $i$  のタイヤ半径  $R_i$  を基準半径とすると、各車輪のタイヤ半径  $R_{ii}$ ,  $R_{iii}$ ,  $R_{iv}$  は、下記の式 (19) として求められる。なおここで、 $V_{\theta i}$ ,  $V_{\theta ii}$ ,  $V_{\theta iii}$ ,  $V_{\theta iv}$  は、各タイヤの予備回転角速度である。

$R_i$  = 基準半径

$$R_{ii} = R_i (V_{\theta i} / V_{\theta ii})$$

$$R_{iii} = R_i (V_{\theta i} / V_{\theta iii})$$

$$R_{iv} = R_i (V_{\theta i} / V_{\theta iv}) \quad \dots (19)$$

ここで得られたタイヤ半径  $R_i$ ,  $R_{ii}$ ,  $R_{iii}$ ,  $R_{iv}$  は、一時的にメモリに記憶しておく。

## 【0124】

次に、車両の実走行時に、見かけのタイヤ半径  $r_i$ ,  $r_{ii}$ ,  $r_{iii}$ ,  $r_{iv}$  を用い

て、各車輪の回転速度差を求める。

実走行時の各車輪の実進行速度  $V_{xi}$ ,  $V_{xii}$ ,  $V_{xiii}$ ,  $V_{xiv}$ , は、上記の式 (13) を用いて、下記の式 (20) のように表される。なお、各車輪の回転角速度  $V_{\theta i}$ ,  $V_{\theta ii}$ ,  $V_{\theta iii}$ ,  $V_{\theta iv}$ , は、各車輪に設けられた回転速度センサにより検出することができる。

$$V_{xi} = r_i V_{\theta i}$$

$$V_{xii} = r_{ii} V_{\theta ii}$$

$$V_{xiii} = r_{iii} V_{\theta iii}$$

$$V_{xiv} = r_{iv} V_{\theta iv} \quad \dots (20)$$

#### 【0125】

従動輪には、制動時以外にはスリップが無い場合、見かけのタイヤ半径  $r_i$ ,  $r_{ii}$  は、変化しない。すなわち、従動輪の見かけのタイヤ半径  $r_i$ ,  $r_{ii}$  は、下記の式 (21) のように、上記の式 (19) のタイヤ半径  $R_i$ ,  $R_{ii}$  と等しい。

$$r_i = R_i$$

$$r_{ii} = R_{ii} \quad \dots (21)$$

#### 【0126】

車両の直進時には、各車輪の実進行速度は等しい。従って、上記の式 (20) から、駆動輪の見なし半径  $r_{iii}$ ,  $r_{iv}$  は、下記の式 (22) として求められる。

$$r_{iii} = V_{xi} / V_{\theta iii} = r_i V_{\theta i} / V_{\theta iii} = R_i V_{\theta i} / V_{\theta iii}$$

$$r_{iv} = V_{xi} / V_{\theta iv} = r_i V_{\theta i} / V_{\theta iv} = R_i V_{\theta i} / V_{\theta iv} \quad \dots (22)$$

)

#### 【0127】

車両の旋回時には、各車輪の実進行速度は異なるため、この式 (22) は成り立たない。

従動輪に関しては、式 (21) が成り立つため、式 (20) から旋回時の実進行速度が求められる。

駆動輪に関しては、下記の式 (23) に示すように、旋回開始時から実進行加速度  $A_{xiii}$ ,  $A_{xiv}$  を積分し、旋回開始直前の直進時の実進行速度 ( $V_{xi}$  と等

しい)に加算して、旋回時の実進行速度(非定常進行速度)  $V_{xiii}$ ,  $V_{xiv}$ を算出する。

$$V_{xiii} = V_{xi} + \int A_{xiii}$$

$$V_{xiv} = V_{xi} + \int A_{xiv} \quad \dots (23)$$

なお、旋回開始時とは、車輪に設けた実回転角速度を積分して得られる実回転速度を観察し、左右の車輪で発生する差が設定値を超えた時を旋回開始として判断する。旋回開始時には旋回トリガー信号を発生させて、このトリガー信号の発生時から実進行加速度  $A_{xiii}$ ,  $A_{xiv}$ の積分を開始すれば良い。

#### 【0128】

以上に示した式(20), 式(21), 式(23)から、下記の式(24)により、旋回時の駆動輪の見かけのタイヤ半径  $r_{iii}$ ,  $r_{iv}$ が求められる。

$$r_{iii} = V_{xiii} / V_{\theta iii}$$

$$r_{iv} = V_{xiv} / V_{\theta iv} \quad \dots (24)$$

#### 【0129】

これにより、実走行時の見かけのタイヤ半径  $r$ を、スリップ(クリープ)の殆ど発生していない予備走行時のタイヤ半径  $R$ で割ることで、各車輪のスリップ差を把握するための回転速度差が求められる。なお、従動輪の比は、 $r/R = 1$ である。

また、各車輪が車体と弾性的に繋がっていることを考慮すると、車両の直進時においても、各車輪の進行加速度にずれが生じた場合には、旋回時と同様の処理を行うと良い。

#### 【0130】

また、車両の制動時、即ちブレーキ時には、従動輪にも制動力が作用してクリープが発生し、見かけのタイヤ半径が小さくなるため、従動輪を基準として使わずに、ブレーキトリガー時から各車軸の進行加速度を積分して、それ以前の車軸の進行速度に加算して車軸の非定常進行速度を得ると良い。

#### 【0131】

ブレーキトリガーは、常時、各車軸の進行加速度を例えば0.1秒間隔で次々と(カスケード式に)、1秒間ずつ積分して、積分開始前の各車軸の進行速度に

加算してそのときの非定常進行速度とし、基準とする従動輪の非定常進行速度と、その従動輪の非定常周速度とのずれが一定以上になったら、その積分開始時点ブレーキトリガーとすると良い。各車軸とも、その積分開始時点からの積分を続行し、その積分で求めた車軸の非定常進行速度を用いる。その後、基準とする従動輪の非定常進行速度と、その従動輪の非定常周速度とのずれが一定以下になったら、元に戻す。以上から、見かけのタイヤ半径と実際のタイヤ半径 $R$ との比 $r/R$ を観察することで、回転差の程度が判り、スリップの程度（スリップ率）が判る。

#### 【0132】

以上説明した合成法によれば、車両の前輪、後輪、駆動輪、従動輪、操舵輪に関わらず、直進時、旋回時、加速時、減速時、登坂時、高速時の何れの場合においても、常時リアルタイムに、各車輪ごとに測定を行うことができ、スリップ率を高精度に求めることができる。従って、車両の安定した走行を維持することができる。また、合成法では従動輪を基準として駆動輪のタイヤ半径を求めることができるため、特に高分解能のセンサを用いなくとも、高精度にスリップ率等を求めることができる。

#### 【0133】

以上説明した①微分法、②積分法、③合成法のいずれかを用いることにより、見かけのタイヤ半径と実際のタイヤ半径との比から、各車輪ごとにクリープを考慮した正確なスリップ率を求めることができる。

#### 【0134】

又、上記の方法において、タイヤ半径比 $r/R$ が1より小さいか又は大きいかを調べることで、車輪が加速状態であるか、減速状態であるかが判る。タイヤ半径比 $r/R$ が1より小さい場合には減速（制動）状態であり、タイヤ半径比 $r/R$ が1より大きい場合には加速（駆動）状態である。

#### 【0135】

次に、スリップ率を用いて車両の制動を制御する車両の制御方法について説明する。

クリープ率が最大となるスリップ率（限界スリップ率と呼ぶ）は、一般には0

． 2（20％）程度である。但し、この値は路面との接触状況により変化するものであり、必ずしも20％とは限らない。また、クリープ率が大きいということは、それだけ車輪と路面とのグリップ力が働いている状態であるため、できるだけクリープ率の大きい状態でブレーキをかけることが、大きな制動力を得ることになる。そこで、クリープを超えて実スリップが発生しそうな場合でも、スリップ率が常にクリープ率の最大値以下でかつ最大値に近い値となるようにブレーキ力を制御して、実スリップの発生を防止するとともに最大限の制動力を得ることができる。

#### 【0136】

例えば、急ブレーキがかかった時には、各車軸に大きな減速の加速度が働く。その時、減速の加速度の「増加」に対して、その車輪のスリップ率も、連動して「増加」していれば、その車輪は、減速に関与していることになる。しかし、どれかの車輪が、本当のスリップ（実スリップ）を始めると、減速の加速度の「増加」に対してスリップ率が「急増」、または、減速の加速度の「減少」に対してスリップ率が「増加」する。そうすると、その車輪はもはや制動には役立たない存在となる。その状態からは、車輪のブレーキを若干緩めることで、制動力が上がることになる。

#### 【0137】

この制御を行うためには、スリップ率が急増するその直前のスリップ率を、限界スリップ率として、そこでブレーキ制御をする。ブレーキを少し緩めることで、スリップ率が減少し、実スリップがおきないようにグリップ力を維持することができる。限界スリップ率を判断する方法としては、スリップ率の単位時間当りのスリップ変化率を常時算出して、スリップ率が急増、すなわちその変化率がある所望の変化率以上に大きくなったときをスリップし始めるときと判断する。その時、減速の加速度の「減少」に対してその車輪のスリップ率の「減少」が連動し出したらブレーキ力を上げる。ここで、判断材料として用いる所望の変化率は、予め実験等で求めておく和良好的。

これにより、どんな路面でも、最短の制動距離で停止することができる。

同様に、横滑り防止においても、限界スリップ率で、ブレーキ制御をすれば、

横滑りを最小限に抑えることができる。

#### 【0138】

具体的な例としては、例えばスリップ率の最小を10%、最大を25%として、その範囲での、最大25%を目標値として各車輪の進行加速度 $A_x$ に対するスリップ率 $\lambda$ の比 $\lambda/A_x$ または変化率 $d\lambda/dA_x$ をブレーキトリガー時からチェックする。 $\lambda/A_x$ が急増とは、例えば10%、20%、50%等であり、 $d\lambda/dA_x$ が急増とは、例えば2倍、5倍、10倍、20倍等で判断する。

#### 【0139】

また、スリップ率を用いて路面反力を推定することもできる。

路面反力 $F_x$ は車軸にかかる進行方向の力であり、スリップ率 $\lambda$ に比例し、およそ次の式(25)のようになります。

$$F_x \approx K_e \cdot \mu \cdot F_z \cdot \lambda \quad \dots (25)$$

$K_e$ はおおよそタイヤの表面の性質に依り、一般に約0.2である。

この式(25)により、各車輪について、路面摩擦係数 $\mu$ や路面にかかる垂直荷重が同じ状況ならば、各車輪の路面反力 $F_x$ の程度がスリップ率から推定できる。

#### 【0140】

そして、路面摩擦係数 $\mu$ や車体荷重に変化がないとすれば、車体上の前後・左右・上下の加速度センサにより、各車輪の路面にかかる垂直荷重の変化の割合を求めることで、「加速」「減速」「急加速」「急減速」「旋回」時における各車輪の路面反力 $F_x$ の程度が、スリップ率から推定できる。

その場合、更に各路面反力 $F_x$ に各タイヤ半径をかければ、各車輪の駆動トルクの程度が推定できる。

#### 【0141】

また、スリップ率を用いてスタビリティコントロールを行うこともできる。

上述した車両の制御方法は、車輪ごとにスリップを防止することができ、車輪自体が実際にスリップしない状態に維持することができるため、カーブや滑りやすい路面で、車体のスライド振れやホイール・スピンを防ぐというスタビリティコントロールに対しても有効となる。



例えば、車体の上にG（加速度）センサを設け、横G（加速度）と、傾き角と、旋回角を求め、それらが異常状態になったら、エンジンスロットルを閉じたり（開けたり）、各車輪それぞれに必要なブレーキをかけたり（緩めたり）、クラッチを切断したり（接続）したり、アクティブサスペンションを調節したりして姿勢制御する。その際、車軸ごとの加速度センサと回転センサから測定されるスリップ率が限界スリップ率（実際にスリップするところ）から出ないようにスロットル、ブレーキ、クラッチのコントロールを行うという応用ができる。

#### 【0142】

また、限界に達する前においては、常時、各車輪のスリップ率がわかるため、限界まであとどの程度余裕があるかが予知でき、その分だけ早めに加減速を制御できる。

限界スリップ率の手前では、スリップ率はほぼ路面反力に比例しているのでスリップ率の余裕量に合わせて、動力（駆動トルク）を制御することができる。これによって、タイヤの実スリップは基本的にはなくすることができるため、異常な車体ブレは抑えることができるようになる。またスリップ率の余裕量がわかり、事前に最適な動力制御ができる。

#### 【0143】

また、スリップ率を用いて凹凸の激しい路面の検出を行うこともできる。

例えば、車軸に縦振動を測る振動センサを併置して、車輪の回転速度との対比で、振動の波形（幅と高さ）を見て、タイヤのトレース（軌跡）距離を推定し、このトレース速度とタイヤの周速からスリップ率を求めて、限界スリップ率の範囲内で、ブレーキ制御、エンジンスロットル制御、スピード制御等を行い、異常走行状態を防ぐことができる。

#### 【0144】

また、上述したスリップ率の測定方法を用いると、タイヤの実半径が変化した場合、加速をやめても見かけのタイヤ半径は戻らないため、タイヤの実半径が変化したのか、単にクリープによってタイヤ半径が変化したように見えただけなのか判る。戻った場合には、それはクリープによるものと判断できる。

#### 【0145】

なお、見かけのタイヤ半径の変化が激しい時（タイヤ半径異常領域に入った時）は、パンクの可能性があるため、パンクと判断して、アクセルスロットルを閉じていくように制御すると良い。スロットルを閉じていっても、見かけのタイヤ半径がある程度元に戻らない場合（タイヤ半径異常領域から出ない時）は、警報を出して、（低速、定速運転に入って）運転停止を促す。ここで、タイヤ半径異常領域とは、どれか一つの車輪の見かけのタイヤ半径減少率  $(1 - r/R)$  が、他の車輪の見かけのタイヤ半径減少量より大きい領域のことを指す。例えば、2 から 5 秒の間で 10 % 以上、5 から 20 秒の間で 5 % 以上などの場合である。または、どれかの車輪単独での見かけのタイヤ半径減少量  $(1 - r/R)$  が、大きい領域のことを指す。例えば、60 秒以上で 5 % 以上の場合である。

#### 【0146】

また、見かけのタイヤ半径減少率が、長期的に（例えば 5 分以上、10 分以上）3 % 以上ならば、積載荷重の変化によるものとみなし、表示などを出して、再度、実半径を測定すると良い。但し、測定条件が揃うまで待ってから測定することとする。

#### 【0147】

また、加速度が変化している時（ $A_x$  と  $A_\theta$  のいずれかが一定量以上変化している時）は、タイヤのスリップ率も変化し、見かけのタイヤ半径  $r$  も変化しているため、その直前の速度から、加速度センサの出力を積分して速度を求め、その速度から、見かけのタイヤ半径  $r$  を求める方が適切である。

#### 【0148】

また、上述した微分法や積分法では、高分解能の加速度センサを用いることでより正確にスリップ率を求めることができる。高分解能加速度センサについては、分解能の高い（例えば分解能が最大測定値の 1 万分の 1 の）センサを使うか、または普通の分解能の（例えば分解能が最大測定値の 1 千分の 1 の）センサで、最大測定値の違う 2 個のセンサを使い、最大測定値の小さい方がスケールアウトしたら、最大測定値の大きい方に切り替えて使う方法もある（分解能は、1 mG 以下、望ましくは 0.5 mG、0.2 mG 以下）。

また、ここで用いる加速度センサは、一般の振動を測定するための振動センサ

とは異なり、自動車の速度を求めるために1000Hz以下または100Hz以下の周波数からほぼ振動のない定常加速時の周波数までの加速度を測ることのできるセンサである。

#### 【0149】

振動ノイズフィルタは、加速度の大きい時は応答性を早く、加速度の小さい時は応答性を小さくすると良い。例えば、0.1G以上の時は50Hz、20mSec以上の応答性、0.1G以下の時は10Hz、100mSec以下の応答性であると良い。

#### 【0150】

また、用いる高分解能回転センサについては、磁気エンコーダをホール素子で検出するアクティブ・センサが車輪用に適している。この磁気エンコーダは、望ましくはピッチ誤差の小さい物（1.0%以下、0.5%以下、より望ましくは0.1%以下）を使うと良い。そのためには、ゴム磁石でも良いが、高精度加工や、高精度着磁が可能な、塑性加工磁石（鉄・クロム・コバルト磁石）や金属磁石（マンガン・アルミ・カーボン磁石など）やプラスチック磁石（フェライトやネオジウムNd-Fe-Bをプラスチックに混ぜた磁石）等を好適に使用することができる。

#### 【0151】

高精度が得られにくい場合（フェライトゴム磁石エンコーダなど）は、あらかじめ、一回転分のピッチ誤差を、メモリに覚えこませておき、誤差補正しながら使うことで、高精度を確保することができる。なお、走行初期時に補正する場合は、何回転かデータを取って平均するかパターン認識から補正する。その際は、一箇所だけ、ピッチを例えば10%又は50%ずらしておき、そこを基準に補正すると処理しやすくなる。

#### 【0152】

フェライトゴム磁石エンコーダの非検出面は円筒状や円盤状になっていて、周方向にNSNSと交番に20から60パルス分（NSで1パルス）着磁されている。フェライトゴム磁石は安くてもよいが、着磁精度が出にくい。しかしこれを不等ピッチにすることによりさらに、高精度が得られる。自動車の車輪の回転速度検出

用不等ピッチエンコーダは以下のようにになっている。

- (1) フェライト粉末ボンディングしたゴム磁石である。
- (2) 磁性版に焼付けられている。
- (3) 焼付け時に垂直磁界の中で等方性にして成型されている。
- (4) 成型後垂直にNSNSと交番着磁されている。
- (5) 少なくとも1つ、基準ピッチを有している（これを基準に校正ピッチを校正する）。
- (6) 校正ピッチを複数個有している。
- (7) 各校正ピッチの誤差は中央値からの誤差をピッチの2%以下となっている。
- (8) 基準ピッチは校正ピッチの中央値よりピッチの5%以上中央値よりずれている。

以上のように作られたものを回転させ基準値からの時間のずれを元に、各校正ピッチの誤差を読み取り、その誤差を記憶しておいて、エンコーダ使用時にその分補正して使用する。

#### 【0153】

磁気エンコーダは、後ろに磁性板を当てて強化すると良い。また、磁気エンコーダは、割れ防止、心ずれ防止のために、ホルダーの円筒部内側にはめて支持することが好ましい。さらに、ホルダーは、プレス成型鋼板で断面にL字状部を持たせて変形防止をすると良い。プラスチック磁石は耐油（グリース）性のものを防水処理して使い、フェライト磁石は垂直方向に異方化して（強化して）垂直着磁して使うと良い。

#### 【0154】

また、車軸に取り付ける加速度センサは、回転速度センサと一体化された複合センサを用いることが好ましい。車軸に複合センサを取り付けた場合の好適な実施形態の例を図15から図21に示す。

図15から図19に示した例は、何れも内輪回転ハブ型の軸受ユニットの外輪側に複合センサ130を取り付けたものであり、複合センサ130に対向する内輪2A側の箇所にはセンサロータ129bが設けられている。

また、図 20 及び図 21 に示した例は、何れも外輪回転ハブ型の軸受ユニットの外輪の外方に複合センサ 130 を取り付けたものであり、複合センサ 130 に対向する外輪側の箇所にはセンサロータ 129b が設けられている。

#### 【0155】

また、複合センサ 130 の好適な形態を図 22 に示す。

この複合センサ 130 は、加速度センサ内臓回転センサであり、外付けセンサユニットである。これは、アクティブ回転センサと加速度センサを 1 パッケージ化したもので、回転センサ用のホール素子 131 及び GMR 素子と加速度センサ 132 との間を磁性板 133 により磁気シールドし、加速度センサ部のカバー 134 を磁性材として電磁ノイズをシールドし、加速度センサ 132 をノイズから守り、信号処理を行う。信号処理は、5V, 12V, 24V 等の電源線 2 本 + 加速度信号線 1 本 + 回転パルス信号線 1 本又は電源線 2 本 + 加速度と回転パルスをミックスした信号線 1 本からなるケーブル 135 (例えば USB 規格) を介して行うと良い。加速度信号線と回転パルス信号線とが別の信号線で構成される場合には、車軸側では、回転パルス信号は従来のままで、加速度出力をアナログ信号化又はデジタル信号化し、独立した線で車体側に送る方式を用いる。このような複合センサ 130 は、軸受の外に取り付けられる。また、外付けセンサでは、ホール素子 131 は磁気を検出するために非磁性の SUS カバー 136 で覆う。また、BRG 内蔵型の場合も同様のシールドを行う。なお、複合センサ 130 は、ホール素子 131 と隣接した位置にマグネット 137 を備え、さらに、磁性板 133 と加速度センサ 132 との間には信号処理回路 138 が設けられ、その他には、ブッシュ 139 や磁性ケース 140 が設けられている。なお、マグネット 137 を備えていないタイプの複合センサを用いることもできる。

#### 【0156】

また、加速度センサから出力された加速度信号は、その加速度センサと共に車両懸架装置のバネ下における車輪ユニットの静止部材に取り付けられた加速度信号処理装置によって、配線の変形による影響を受けない形の信号に処理した後に車体側の制御器に出力されると良い。

即ち、ピエゾ素子や圧電素子を利用した加速度センサ、静電容量型の加速度セ

ンサ等のように、高精度な半導体式の加速度センサを常時動いている車両懸架装置のバネ下における車輪ユニットの静止部材に取り付けているにも関わらず、車体側の制御器に出力される信号は、車の揺れや旋回時の配線の動き（振れ）による静電容量や配線抵抗の変化ノイズ等の影響（歪み、ノイズ等）を受けることが無く、正確に各車輪の進行方向の加速度を検出することができる。

#### 【0157】

また、加速度信号処理装置は、加速度センサの加速度信号に対して増幅処理、温度保証回路、タイヤ微小振動除去フィルタ、デジタル化处理等を施すことにより、配線の動きによる影響を受けない形に処理するだけでなく、エンジンの電磁ノイズや温度変化等の他の影響をも受けけない形にする処理を行わせることもできる。

#### 【0158】

また、加速度信号処理装置は、処理した信号を無線にて車体側の制御器に送信するように構成されていると良い。

さらに、加速度信号処理装置の処理用の電源は、車体側から供給を受けても良いし、車輪の回転による発電で賄っても良い。

#### 【0159】

また、車両旋回時（コーナーリング時）の横滑り防止に関する対策方法を以下に述べる。

進行方向の力  $F_x$  ( $= 1 / \lambda_m \cdot \mu \cdot F_z \cdot \lambda$ ) は（但し限界スリップ率  $\lambda_m = 0.15$ 、タイヤにかかる垂直荷重： $F_z$ ）、実スリップの手前（例えば  $\lambda > 0.1$ ）までは、ほぼスリップ率に比例することから、スリップ率から、路面抵抗力の程度が判る。

従って、路面抵抗力の程度を参照して駆動制動制御をすることができる。

また、 $F_x = (F_z / g) A_x$  の式から（但し  $g$  は重力加速度）、 $F_x$  を求めてもよい。

#### 【0160】

また、路面摩擦係数  $\mu$  は、実スリップの手前（例えば  $\lambda > 0.1$ ）までは、ほぼ  $(0.15 / g) \cdot (A_x / \lambda)$  になることから、加速度とスリップ率の比（

傾斜角や変化率から求めてもよい) から常時求められる。

路面固有値としての摩擦係数は、実スリップの手前のほぼ直線性の範囲 (例えば  $\lambda < 0.1$ ) で求めたものを記憶しておいて、 $\lambda > 0.1$  ではその前の  $\mu$  を使う。

路面とタイヤとの相関としての摩擦係数は、加速度とスリップ率の比  $(0.15/g) \cdot (A_x/\lambda)$  そのもので路面摩擦係数  $\mu$  を求められる。

但し、上記  $F_x$  の式は非駆動時のブレーキ時に成り立つものである。

#### 【0161】

ブレーキ時は、各車輪とも、同じ制動力  $F_x$  が働くと考えて、下記の式 (26) から、

$$F_x = 1/0.2 \cdot \mu \cdot F_z \cdot \lambda \quad \dots (26)$$

各車輪の  $F_{zi}$ ,  $F_{zii}$ ,  $F_{ziii}$ ,  $F_{ziv}$  の比例配分は、その時のスリップ率の逆数  $1/\lambda_i$ ,  $1/\lambda_{ii}$ ,  $1/\lambda_{iii}$ ,  $1/\lambda_{iv}$  の比例配分となるので、下記の式 (27) のようになり、

$$F_{zn} = (1/\lambda_n) / \sum (1/\lambda_n) \quad \dots (27)$$

例えば、

$$f_i = (1/\lambda_i) / ((1/\lambda) + (2/\lambda) + (3/\lambda) + (4/\lambda)) \quad \dots (28)$$

この式 (28) を各車輪の荷重係数として記憶しておく。各車輪の  $F_{zi}$ ,  $F_{zii}$ ,  $F_{ziii}$ ,  $F_{ziv}$  の合計は車体総重量  $W$  であるから、以後  $F_{zi} = W \cdot f_i$  として用いることができる。

#### 【0162】

また、先に述べた  $F_x = (F_z/g) A_x$  の式は、2輪駆動の加速時には、 $F_z$  は、右であれば右の前後の  $F_z$  の和で計算する。例えば、

$$F_{xi} = ((F_{zi} + F_{ziii}) / g) A_x \quad \dots (29)$$

この式 (29) と、下記の式 (30) から、さらに下記の式 (31) が得られる。

$$F_{xi} = 1/0.2 \cdot \mu \cdot F_{zi} \cdot \lambda \quad \dots (30)$$

$$\mu_i = ((F_{zi} + F_{ziii}) / g) A_x / (1/0.2 \cdot F_{zi} \cdot \lambda_i)$$

$$= 0.2 \left( (f_i + f_{iii}) / f_{ig} \right) \cdot A_x / \lambda_i \quad \dots (31)$$

実際は  $\mu_n$  の平均を  $\mu$  とする。

これにより、 $F_{zi}$  も  $F_{zl}$  も  $\mu$  も求まるので、 $F_x$  は  $W$  の比率として求められる。

#### 【0163】

旋回時には、車軸に設けた角度センサで旋回を検出した時から車体の加速度センサと各車軸の加速度センサの各車軸の Y 方向（横方向）についての加速度を算出し、両者の差を 2 回積分して車軸と車体とのズレを計算で求め、そのズレが上記方法で求めた路面摩擦係数を考慮して（ズレ/ $\mu$  が）大きい時は、スピードを落として遠心力（またはそれに抗するコーナリングフォース）を下げて、横滑りを防ぎ、同時に X 方向（進行方向）のスリップ率が、限界スリップ率に達しないようにする。

#### 【0164】

また、旋回角とは、操舵輪と非操舵輪の角度センサの差から求めるものとする。

旋回角がついているか、左右の車軸に進行速度差が出た時は、旋回中であって遠心力が働いている。この遠心加速度を計算で求め、各タイヤへの横方向分担を求めて、それが摩擦係数を考慮して大きくなったらスピードを落とすと良い。

#### 【0165】

旋回時に車軸の Y 方向の加速度センサが旋回角のズレの変化速度または遠心加速度の変化に比較して急増したらその車輪が横滑りしはじめたと判断してスピードを落とす。その際、前輪が外方への横滑りした場合は、駆動トルクを抑えてリヤ内輪にブレーキを（多く）かけて、車両のトレース性を確保してもよいし、後輪が外方へ横滑りした場合は、フロント外輪にブレーキを（多く）かけて、車両のトレース性を確保してもよい。

#### 【0166】

図 23 は本発明の第 9 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図であり、図 24 は図 23 中の矢印 IIII で示す部位の拡大図である。

本第 9 実施形態において、図 1 及び図 2 に示した第 1 及び第 2 実施形態に対し



て異なる部分を主として説明し、同様な構成に関しては同じ符号を付すことで説明を省略する。

#### 【0167】

本第9実施形態においては、図23及び図24に示すように、回転数検出手段を構成する回転速度検出センサユニット5内に、加速度センサ61（Z（例えば鉛直）方向の加速度を検出）と、加速度センサ62（X（例えば水平前後）方向の加速度を検出）と、加速度センサ63（Y（例えば水平左右）方向の加速度を検出）と、をそれぞれ軸線が交差するようにして設けており、これら加速度センサ61～63としてはピエゾ素子を利用した加速度センサが用いられている。

#### 【0168】

即ち、これら加速度センサ61～63で測れる速度変化は微小で精度が必要なので、例えばピエゾ素子や圧電素子を利用した加速度センサ、静電容量型の加速度センサ等のように、高精度な半導体式の加速度センサを用いることが望ましい。

しかしながら、車体側の制御器60から加速度センサ61～63が取り付けられている懸架装置のバネ下の車輪ユニットまで配線を延ばすと、車の揺れや旋回時に前記配線が常時動くことによる静電容量や配線抵抗の変化ノイズ等の影響（歪み、ノイズ等）を受け、各加速度センサ61～63から車体側の制御器60に出力される加速度信号が変位してしまう。

#### 【0169】

そこで、本第9実施形態では、各加速度センサ61～63と共に加速度信号処理装置61A～63Aを前記車輪ユニットに取り付け、これら加速度信号処理装置61A～63Aにより、各加速度センサ61～63の加速度信号を配線の変形による影響を受けない形の信号に処理した後に車体側の制御器60に出力するように構成した。

本第9実施形態の車輪ユニットを用いることで、制御器60にて、図6又は図9に示した車両の制御方法を実行できる。

#### 【0170】

即ち、本第9実施形態の加速度センサ62から対応する加速度信号処理装置6

2A（図示せず）を経て車体側の制御器60に出力された加速度信号は、車の揺れや旋回時の配線の動き（振れ）による静電容量や配線抵抗の変化ノイズ等の影響（歪み、ノイズ等）を受けることが無く、正確に各車輪30の進行方向の加速度を検出することができる。例えば、各加速度センサ61～63から出力された加速度信号は、アナログ信号をデジタル信号化して送ったり、増幅したアナログ信号として送っても良い。

#### 【0171】

尚、前記加速度信号処理装置61A～63Aは、各加速度センサ61～63の加速度信号に対して増幅処理、温度保証回路、タイヤ微小振動除去フィルタ、デジタル化処理等を施すことにより、配線の動きによる影響を受けない形にする処理だけでなく、エンジンの電磁ノイズや温度変化等の他の影響をも受けない形にする処理を行わせることもできる。

#### 【0172】

また、前記加速度信号処理装置61A～63Aは、処理した信号を無線にて車体側の制御器60に送信するように構成することもできる。

更に、前記加速度信号処理装置61A～63Aの処理用の電源は、車体側から供給を受けても良いし、車輪回転による発電で賄っても良い。

#### 【0173】

本発明の第9実施形態によれば、車両懸架装置のバネ下における車輪ユニットの静止部材に、加速度センサと加速度信号処理装置とを取り付けるだけで、各車輪ユニット毎に上述した式に従う正確な制御を、サスペンションなどの影響を受けることなく行うことができる。また、制御方式は、従来と同様であるため、従来のシステムを用いることができる。

#### 【0174】

図25は、本発明の第10実施形態に係る車輪ユニットの断面図である。

本第10実施形態においては、図24に示した第9実施形態に対して異なる部分を主として説明し、同様な構成に関しては同符号を付すことで説明を省略する。

図25において、転がり軸受ユニット100のハブ2の図中左方には、制動ユ

ニットの一部を構成するディスクロータ 35 を挟んで、スタッド 22 を介して車輪 30 のホイールディスク部 31 が取り付けられ、ホイールナット 101 を用いて締結されている。

転がり軸受ユニット 100 の外輪 1 は、ナックル部材 103 と共に静止部材を構成しており、不図示の車体に対して取り付けられた不図示の懸架装置のバネ下を構成するナックル部材 103 の内周面に嵌合されている。

#### 【0175】

ナックル部材 103 の孔内には、車両の進行方向及び車両の上下左右方向の加速度を検出する加速度センサ 163 が取り付けられ、ナックル部材 103 の内周面には、回転速度センサ 127a が取り付けられている。

前記回転速度センサ 127a は、転がり軸受ユニット 100 のハブ 2 に嵌合する内輪 2A 側（ハブ 2 と内輪 2A とで回転部材を構成）に取り付けられたセンサロータ 129b に対向し、ハブ 2 すなわち車輪 30 の回転数を検出するようになっている。

#### 【0176】

そして、車輪ユニット 110 は、前記回転速度センサ 127a を有する転がり軸受ユニット 100、前記加速度センサ 163 を有するナックル部材（即ち、ナックルユニット）103、ディスクロータ 35 を含む制動ユニット、及び車輪 30 により構成されている。

#### 【0177】

更に、第 10 実施形態では、図 25 に示したように、前記加速度センサ 163 と共に加速度信号処理装置 163A が、前記ナックル部材 103 の孔内に取り付けられており、加速度センサ 163 の加速度信号を配線の変形による影響を受けない形の信号に処理した後に車体側の制御器 60（図示せず）に出力するように構成されている。

本第 10 実施形態の車輪ユニット 110 を用いることでも、図 6 又は図 9 に示した車両の制御方法を実行できる。

#### 【0178】

即ち、本第 10 実施形態の加速度センサ 163 から加速度信号処理装置 163

Aを経て車体側の制御器60に出力された加速度信号は、車の揺れや旋回時の配線の動き（振れ）による静電容量や配線抵抗の変化ノイズ等の影響（歪み、ノイズ等）を受けることが無く、正確に車輪30の進行方向及び車両の上下左右方向の加速度を検出することができる。

#### 【0179】

尚、前記加速度信号処理装置163Aは、加速度センサ163の加速度信号に対して増幅処理、温度保証回路、タイヤ微小振動除去フィルタ、デジタル化処理等を施すことにより、配線の動きによる影響を受けない形にする処理だけでなく、エンジンの電磁ノイズや温度変化等の他の影響をも受けない形にする処理を行わせることもできる。

#### 【0180】

また、前記加速度信号処理装置163Aは、処理した信号を無線にて車体側の制御器60に送信するように構成することもできる。

更に、前記加速度信号処理装置163Aの処理用の電源は、車体側から供給を受けても良いし、車輪回転による発電で賄っても良い。

#### 【0181】

以上、本発明を実施するための各実施形態を説明したが、本発明は上記実施形態に限定して解釈されるべきではなく、適宜変更・改良が可能であることはもちろんである。

例えば、二輪駆動の場合は、車両の直進時において、従動輪の周速度 $V_{cf}$ を車体速度 $V_d$ とし、この車体速度 $V_d$ と駆動輪の周速度 $V_{cd}$ から駆動輪のスリップ率 $\lambda_d$ を求めることで、常時リアルタイムで駆動輪のスリップ率を測定することができ、これにより、ドライブ時にも、理想スリップ率を超えないように、スロットルバルブを閉じたり、デファレンシャル制御を行ってトラクションコントロールすることができる。

#### 【0182】

一方、車両の旋回時には、左右の従動輪の周速度の差が一定値を超えると0時点に戻ってそこを旋回トリガー時点とし、そのときの左右の従動輪の車軸速度をメモリに記憶させ、その時点からの各車輪の車軸速度を各従動輪に取り付けられ

た加速度センサからの出力値を用いて計算（積分）で求めることで、常時、各車軸の絶対速度を求めることができ、この絶対速度と各車輪の周速度から各車輪のスリップ率を常時測定することができる。

#### 【0183】

又、上記各実施形態では、1本の車輪の場合を例に採ったが、トラック等の車輪が複数個合わさっている副輪構造（所謂ダブルタイヤ等）にも本発明を適用することができる。この場合、複数本の車輪を合わせた状態の外側リムと内側リムとの間のリム幅内に前記加速度センサを配置する。

#### 【0184】

#### 【発明の効果】

以上説明したように、本発明に係るスリップ率測定方法及び車両の制御方法、更にはスリップセンサ、スリップセンサベアリング、スリップコントロールシステムによれば、車両の直進時や旋回時においても、各車輪ごとの正確なスリップ率を求めることができる。又、これらの方法によって得られる見かけのタイヤ半径と車輪の回転角速度から、各車輪ごとの正確な進行速度を求めることができる。

更に、これらのスリップ率及び進行速度を、車両の如何なる運転状態においてもシームレス（継ぎ目無し）に測定することができ、安定した車両の走行状態を維持することができる。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の第1実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

#### 【図2】

本発明の第2実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

#### 【図3】

図1及び図2中のII-II線で切断して矢印方向に見た図である。

#### 【図4】

図1及び図2中の矢印IIIで示す部位の拡大図である。

#### 【図5】

変位測定素子の出力変化を示す図である。

【図 6】

各実施形態の制御器にて行われる車両の制御方法を実行するためのフローチャート図である。

【図 7】

本発明の第 3 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

【図 8】

本発明の第 4 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

【図 9】

各本実施形態の制御器にて行われる別な車両の制御方法を実行するためのフローチャート図である。

【図 10】

本発明の第 5 実施形態に係るナックルユニット及び車輪ユニットの断面図である。

【図 11】

本発明の第 6 実施形態に係るナックルユニット及び車輪ユニットの断面図である。

【図 12】

本発明の第 7 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

【図 13】

本発明の第 8 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

【図 14】

車体や路面の傾斜角度を求める為の加速度センサの配置例を示す図である。

【図 15】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

【図 16】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

【図 17】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

## 【図 18】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

## 【図 19】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

## 【図 20】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

## 【図 21】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

## 【図 22】

複合センサの好適な取り付け位置の例を示す要部拡大図である。

## 【図 23】

本発明の第 9 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

## 【図 24】

図 15 中の矢印 IIII で示す部位の拡大図である。

## 【図 25】

本発明の第 10 実施形態に係る車輪支持用転がり軸受ユニットの断面図である。

## 【図 26】

従来の車輪支持用転がり軸受ユニットを示す断面図である。

## 【図 27】

従来の他の車輪支持用軸受ユニットを示す断面図である。

## 【符号の説明】

- 1 外輪（静止部材又は静止輪）
- 2 ハブ（回転部材又は回転輪）
- 5 回転速度検出センサユニット
- 8 内輪
- 10 転動体
- 12 フランジ
- 27a, 27b 変位測定素子（回転速度センサ）

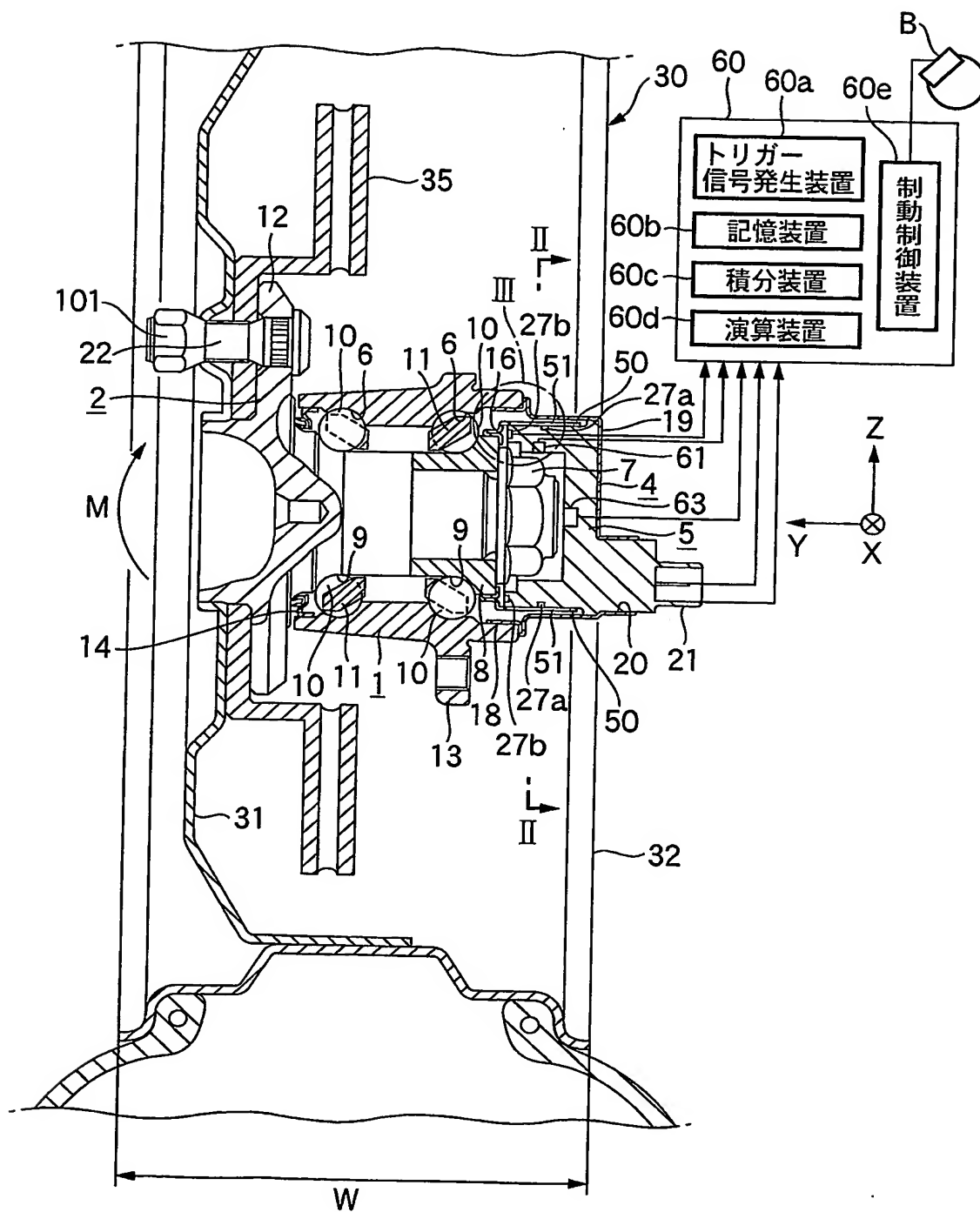
- 3 0 車輪
- 3 2 ホイールリム
- 3 5 ディスクロータ (制動ユニット)
- 5 0 被検出用円筒部 (センサロータ)
- 6 0 制御部
  - 6 0 a トリガー信号発生装置
  - 6 0 b 記憶装置
  - 6 0 c 積分装置
  - 6 0 d 演算装置
  - 6 0 e 制動制御装置
- 6 1, 6 2, 6 3 加速度センサ
- 6 1 A, 6 2 A, 6 3 A 加速度信号処理装置
- 1 3 0 複合センサ



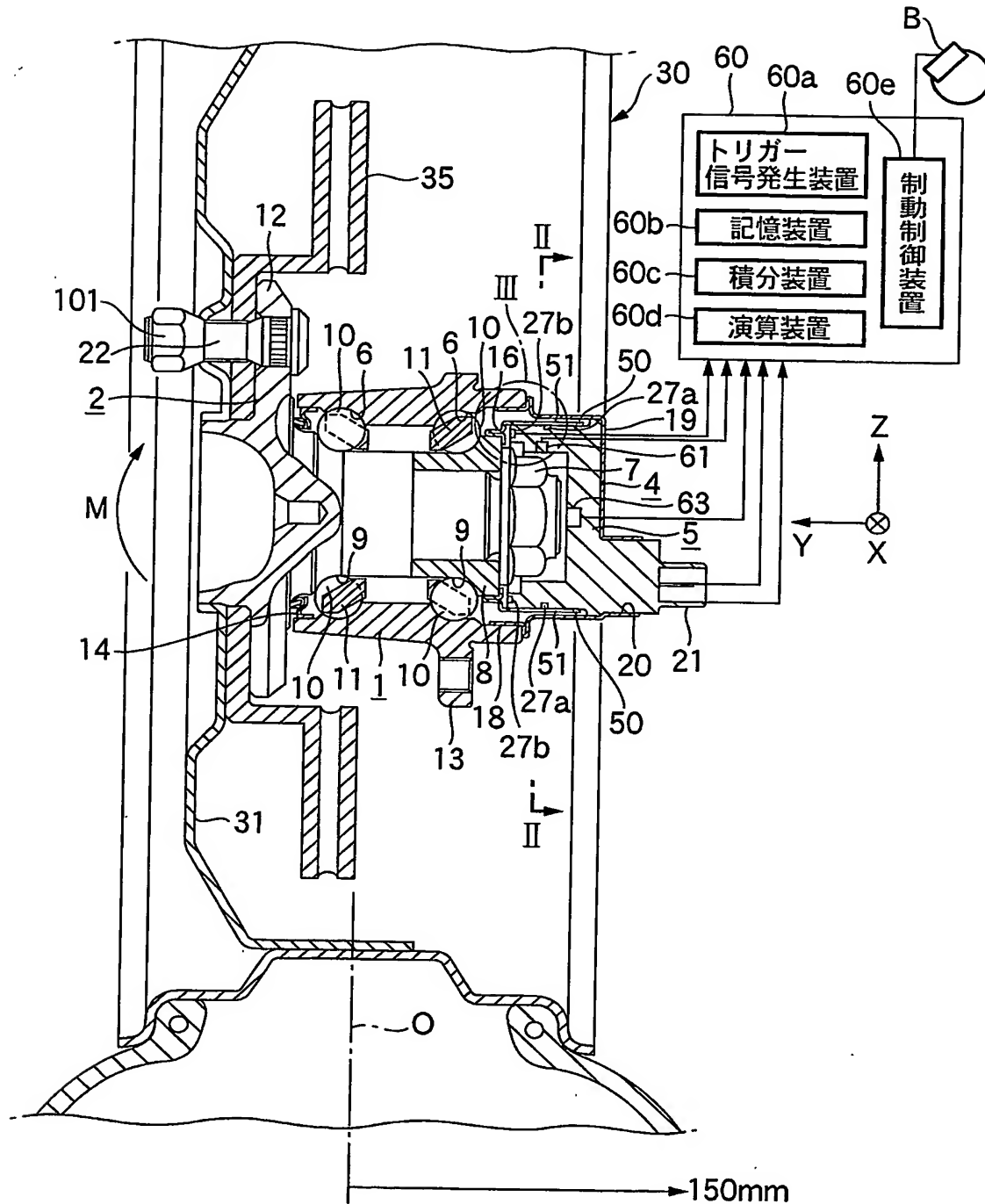
【書類名】 図面

【図 1】

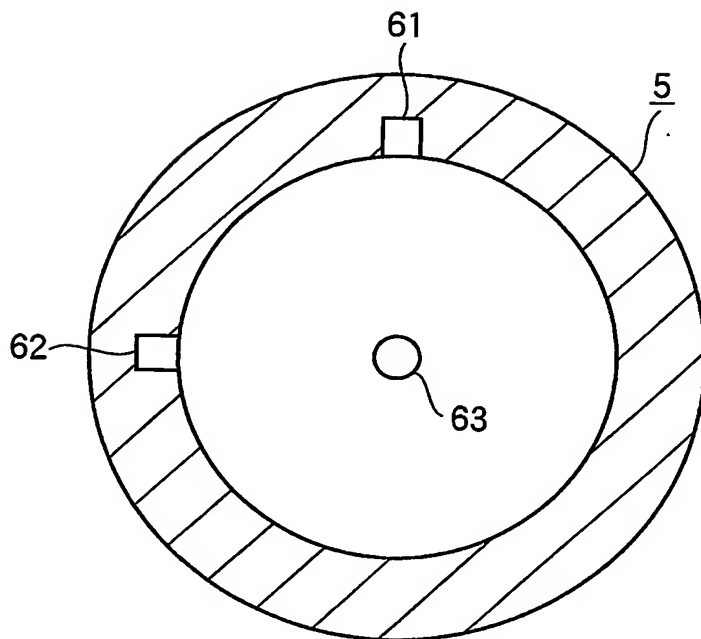
64



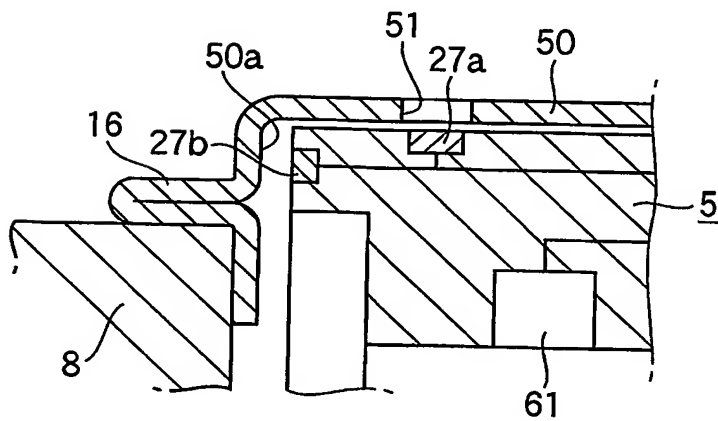
【図 2】



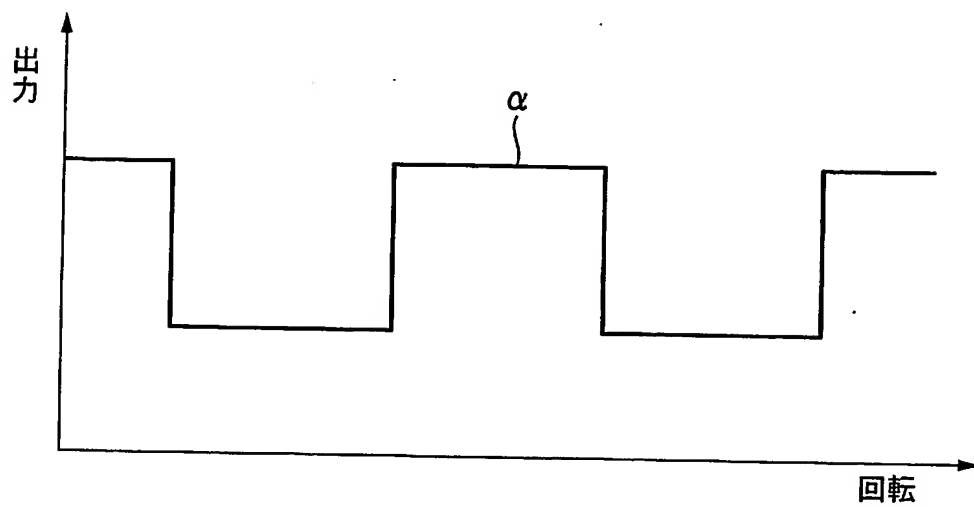
【図 3】



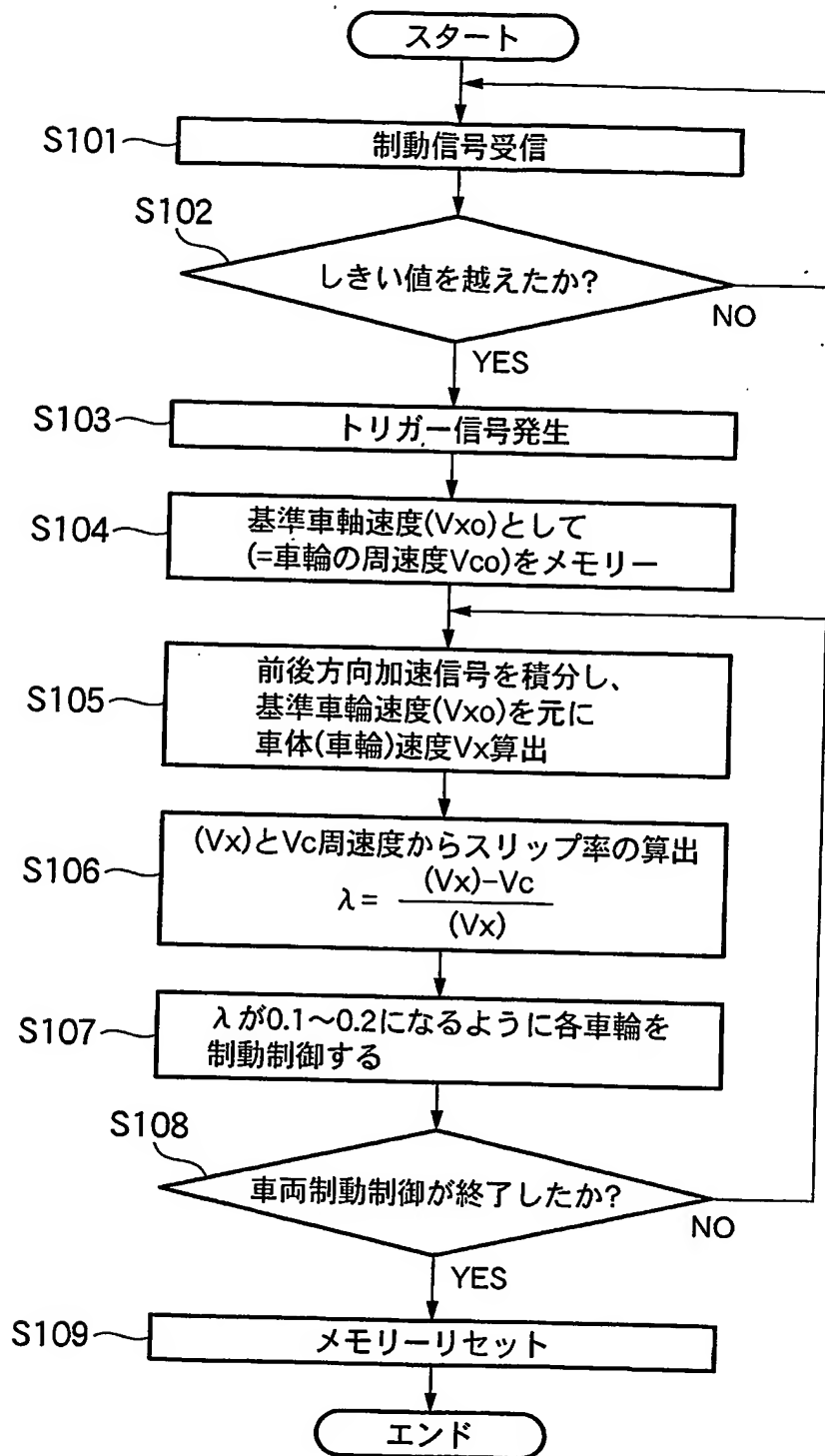
【図 4】



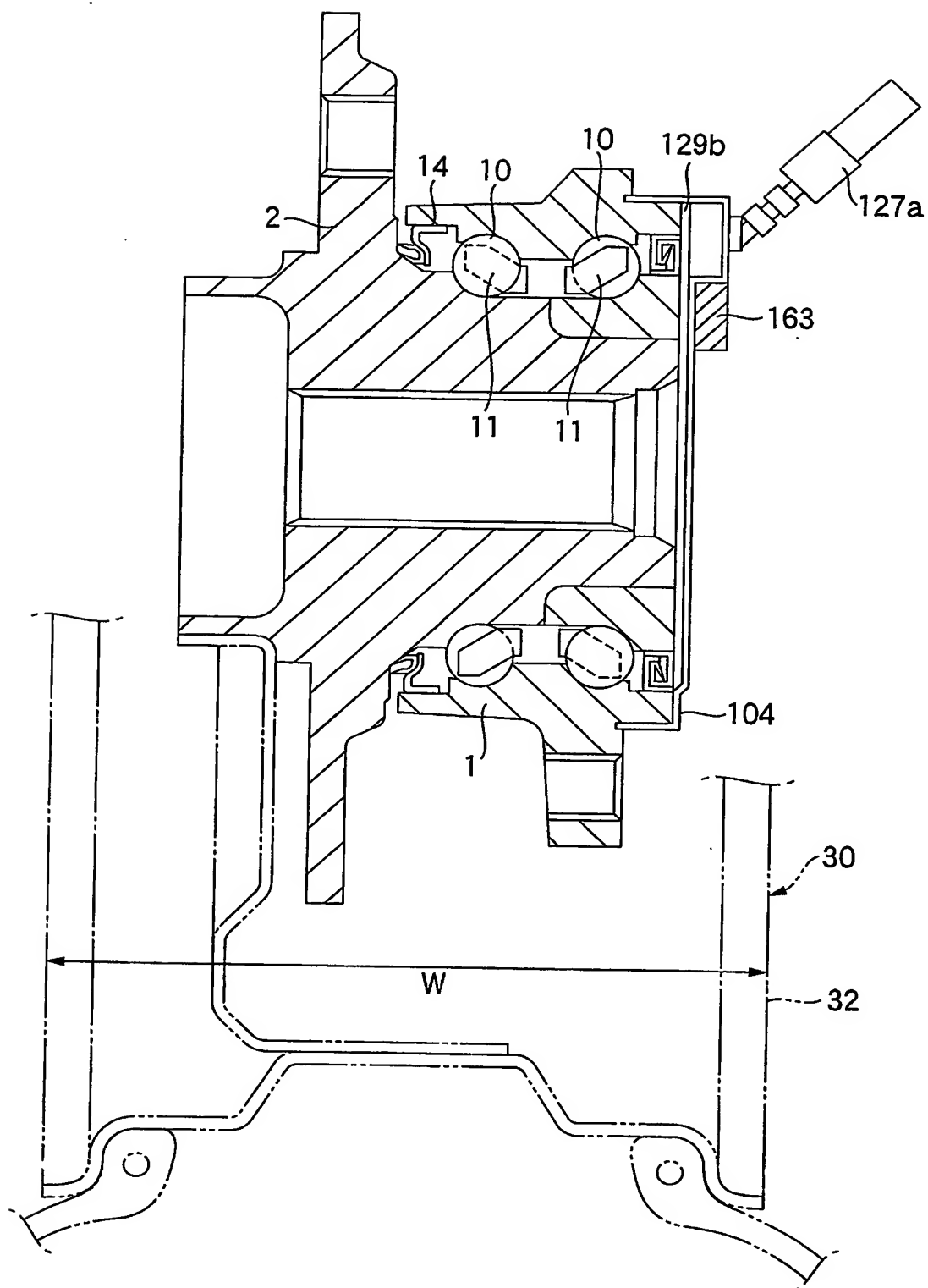
【図 5】



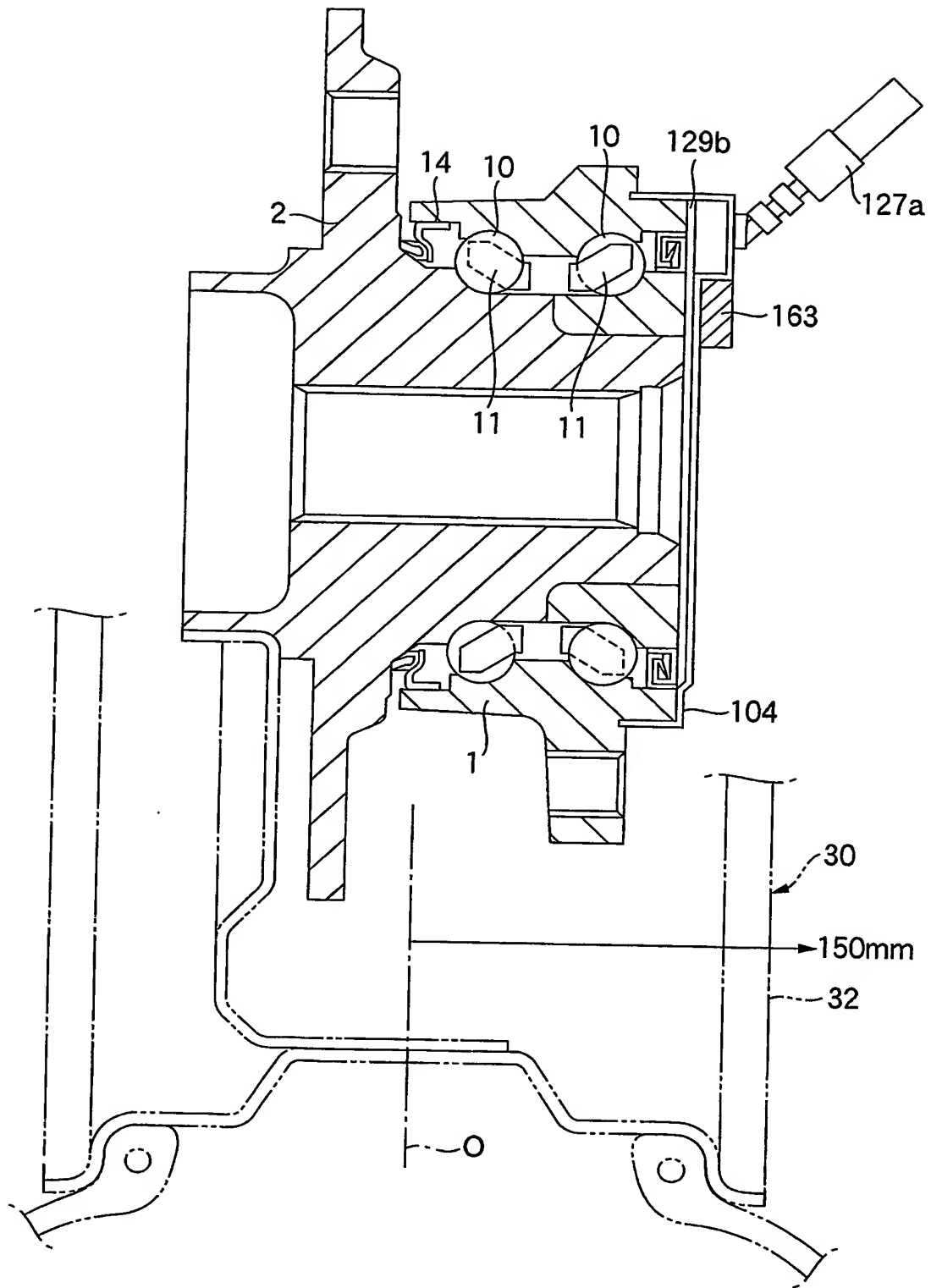
【図 6】



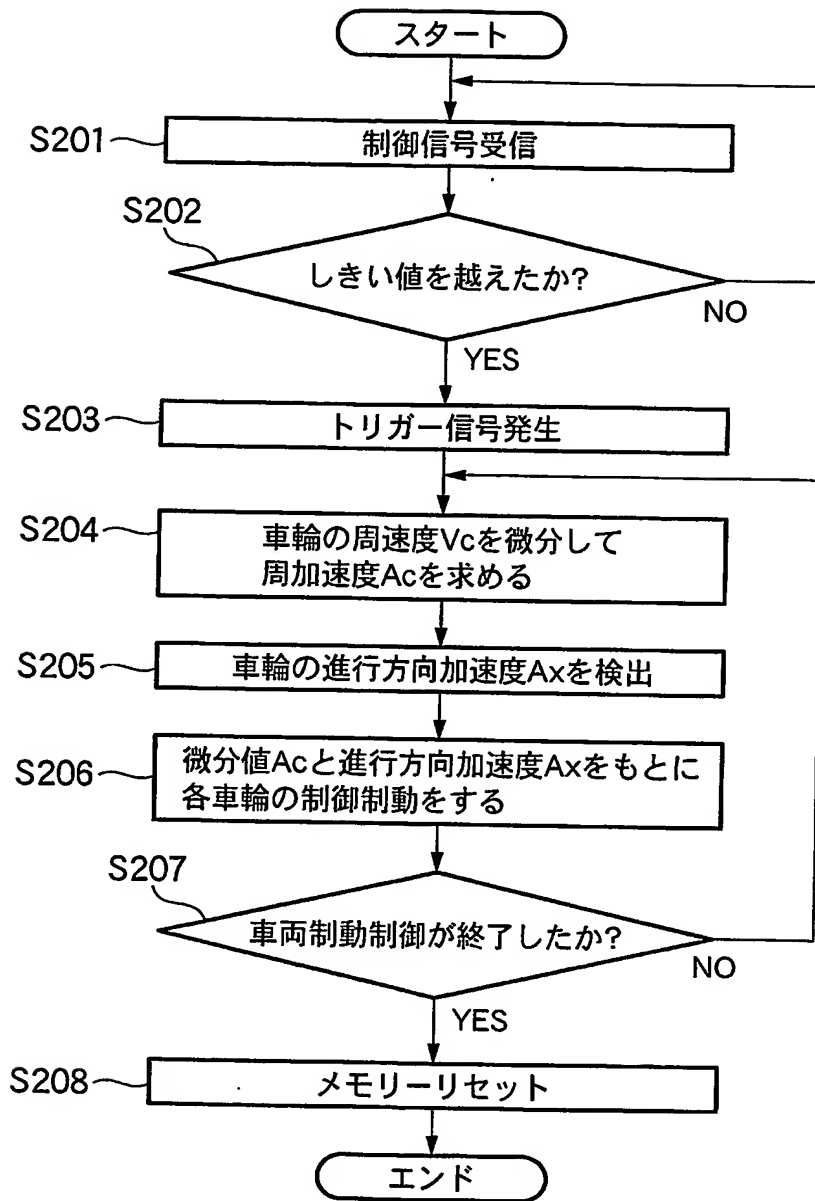
【図 7】



【図 8】

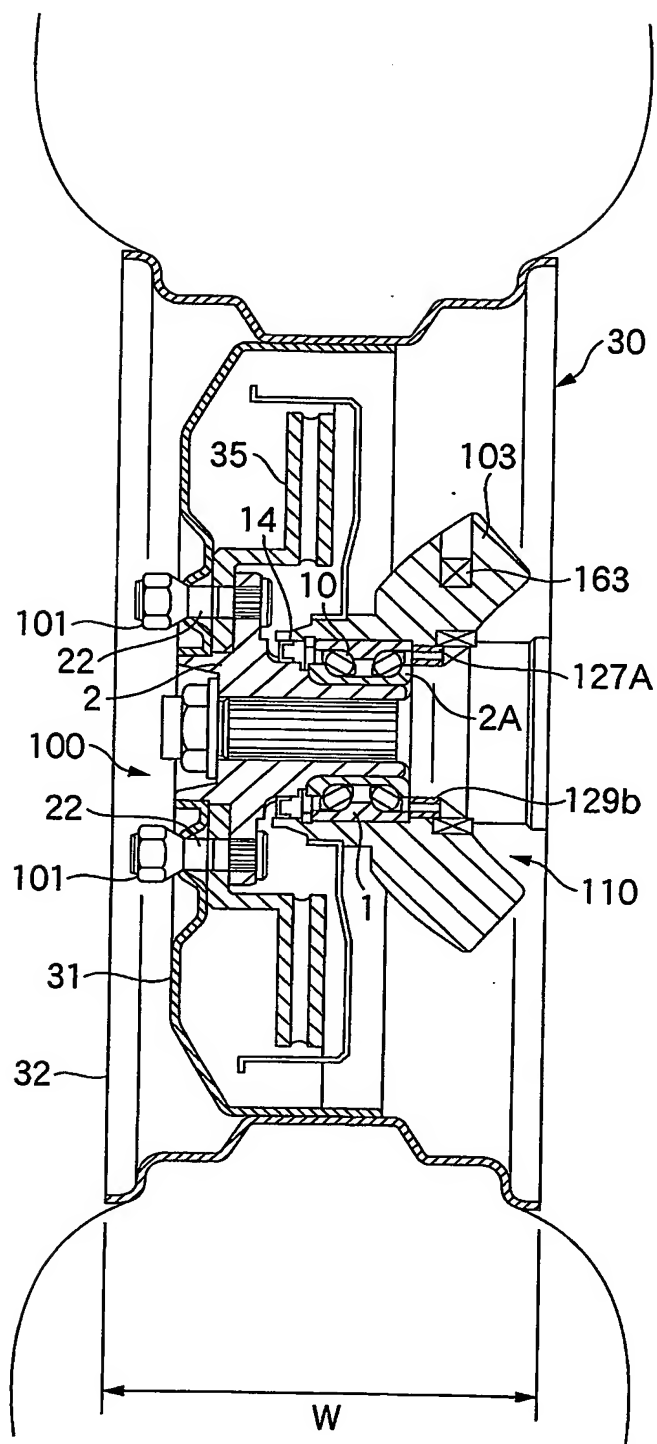


【図 9】

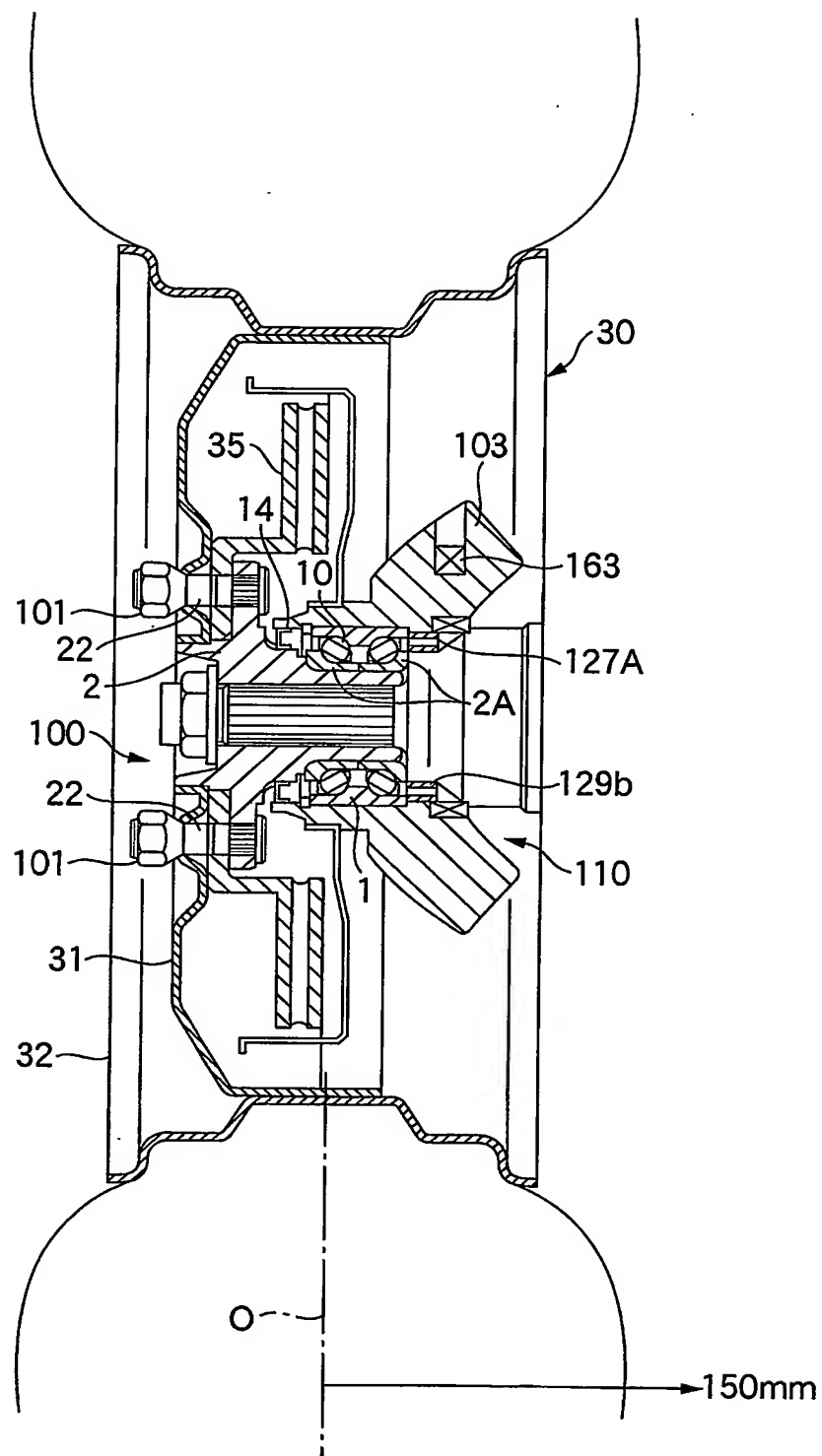




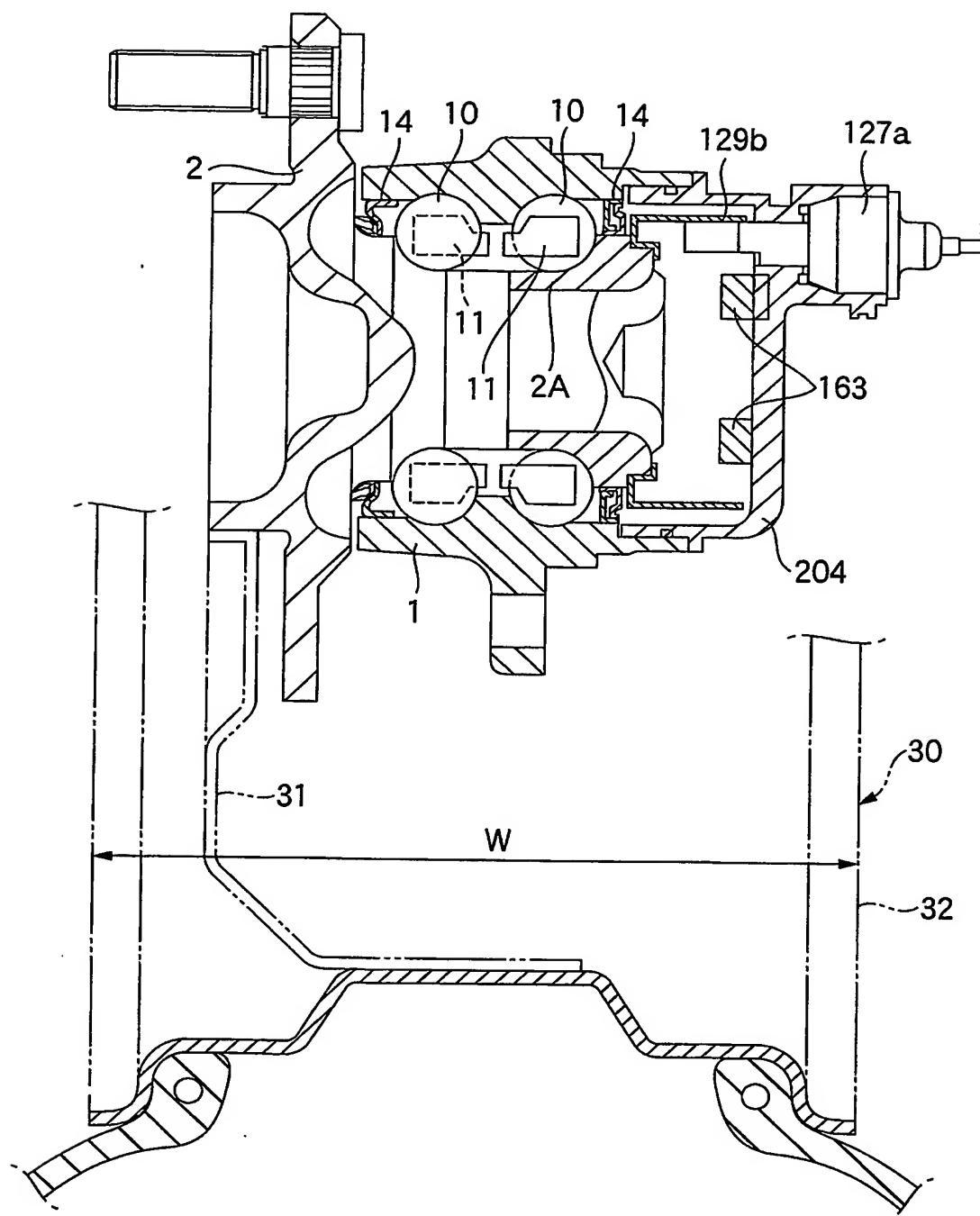
【図 10】



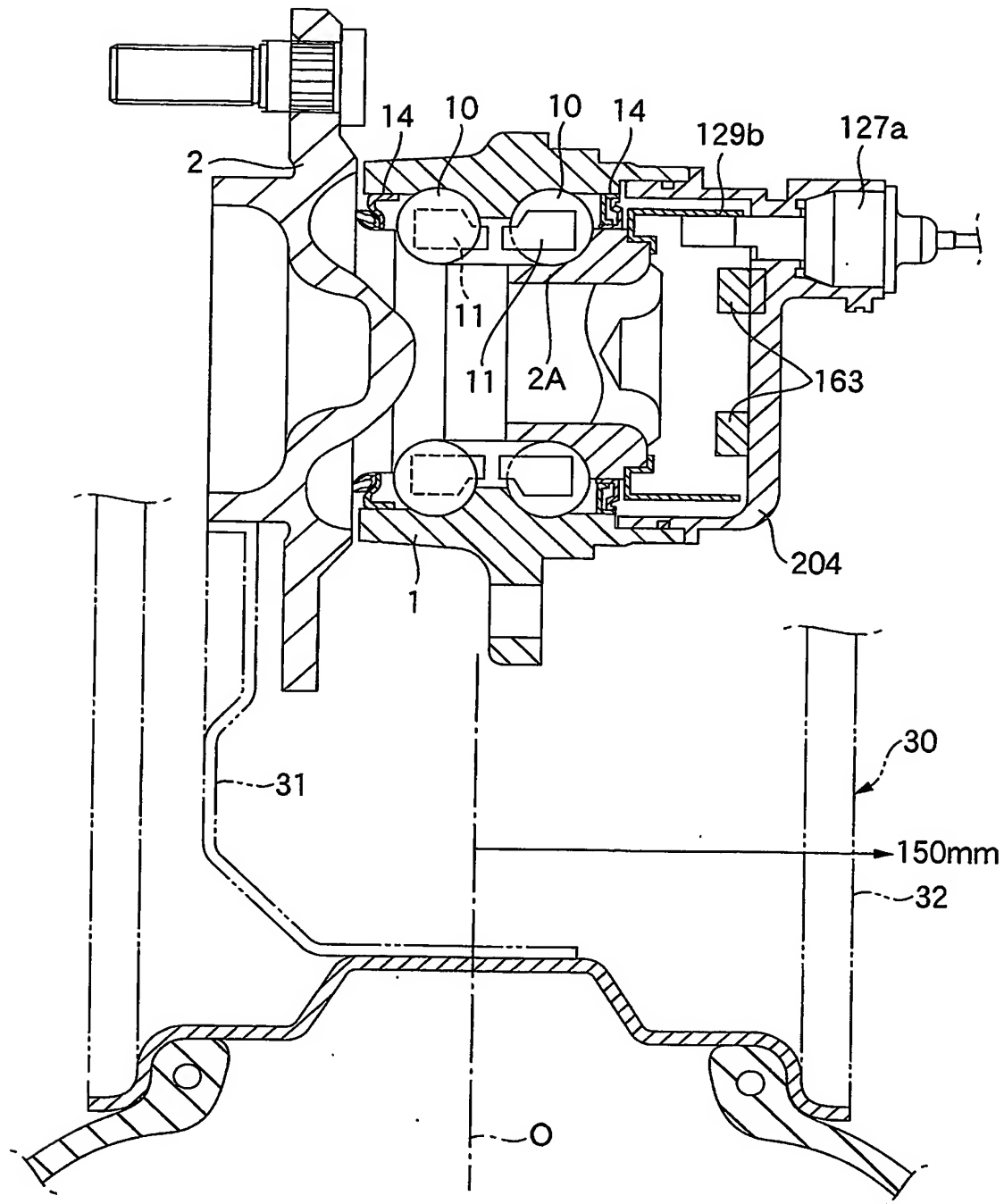
【図 11】



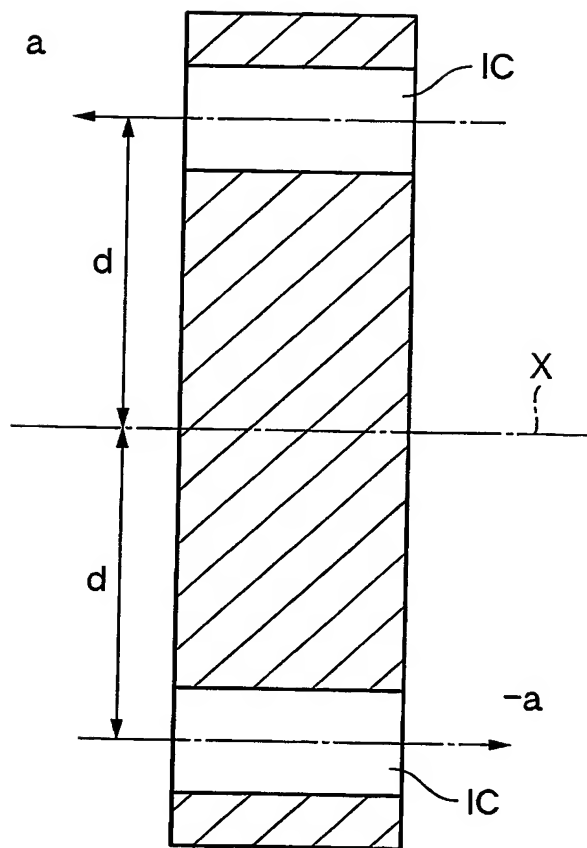
【図 12】



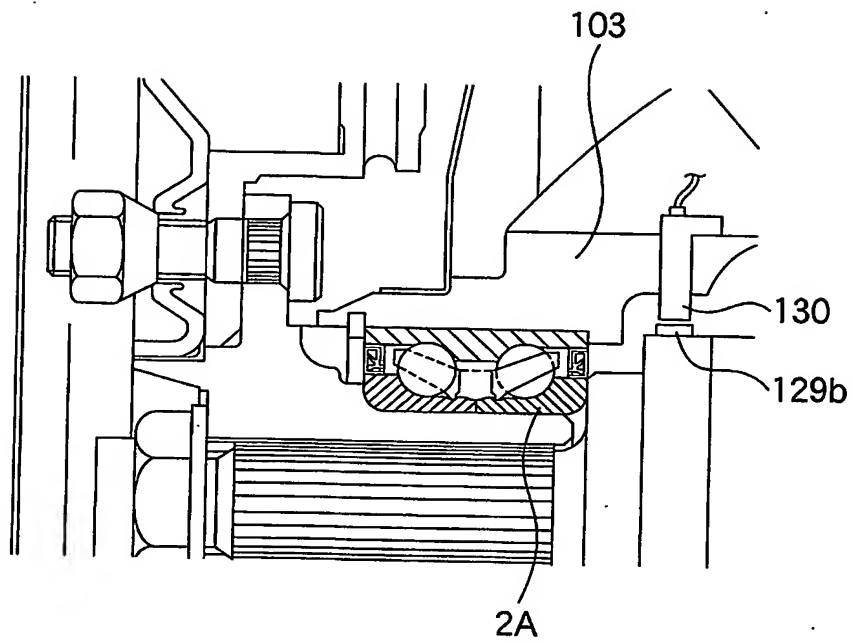
【図 13】



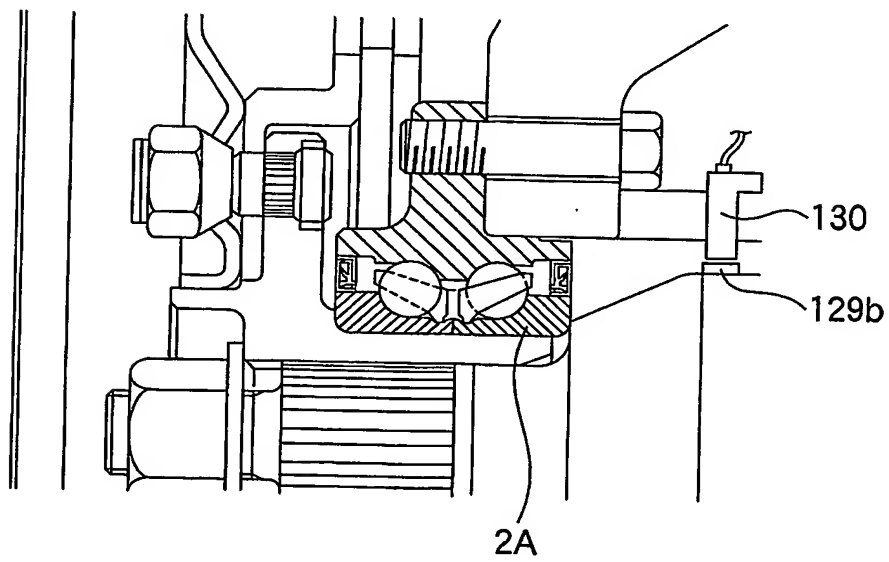
【図 14】



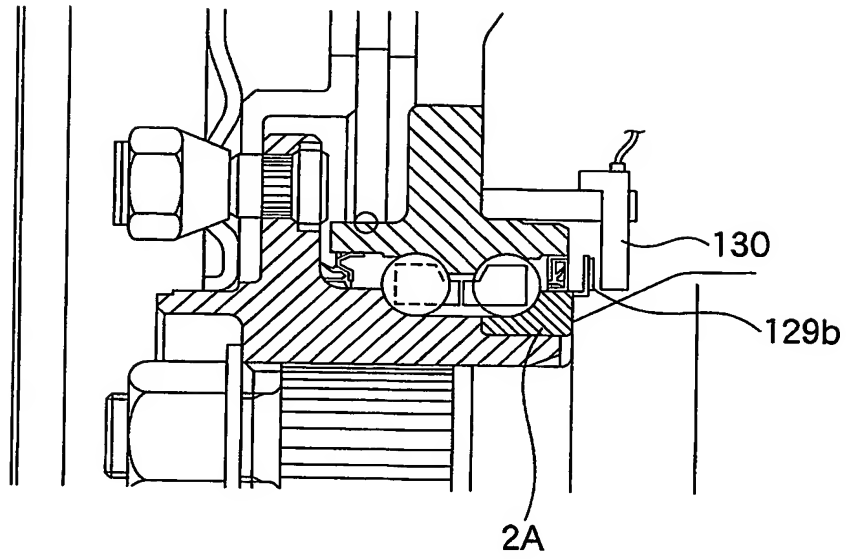
【図 15】



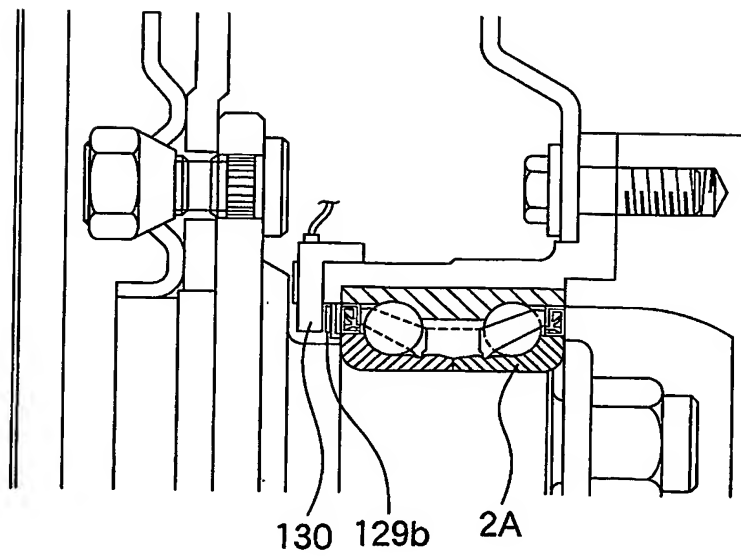
【図 16】



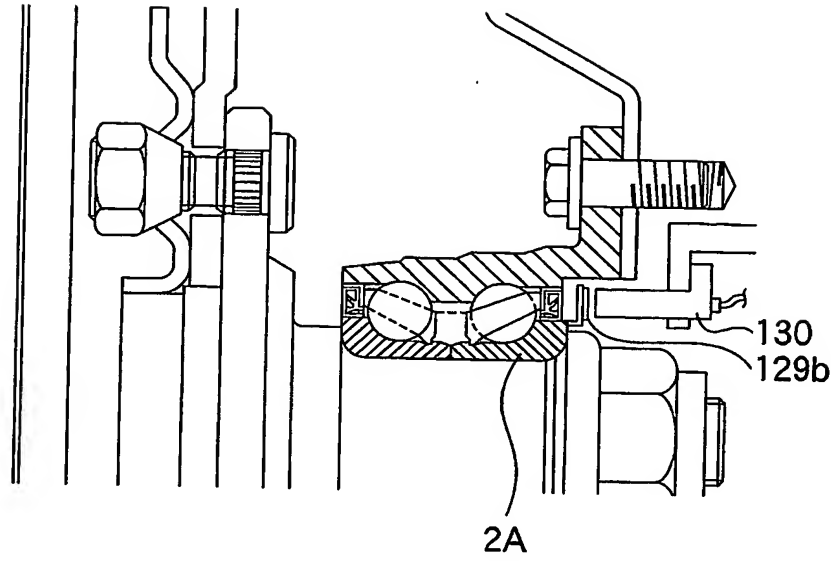
【図 17】



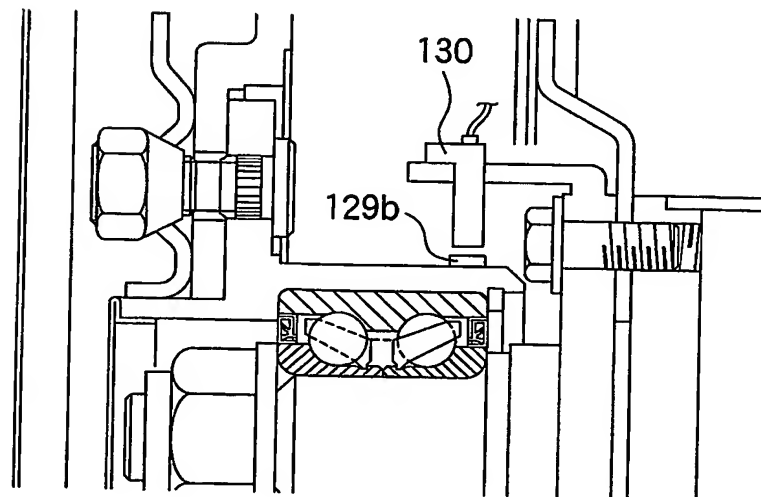
【図 18】



【図 19】

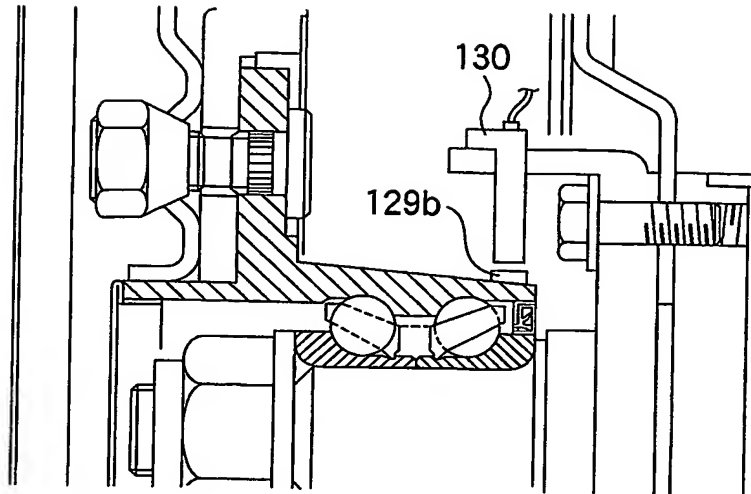


【図 20】

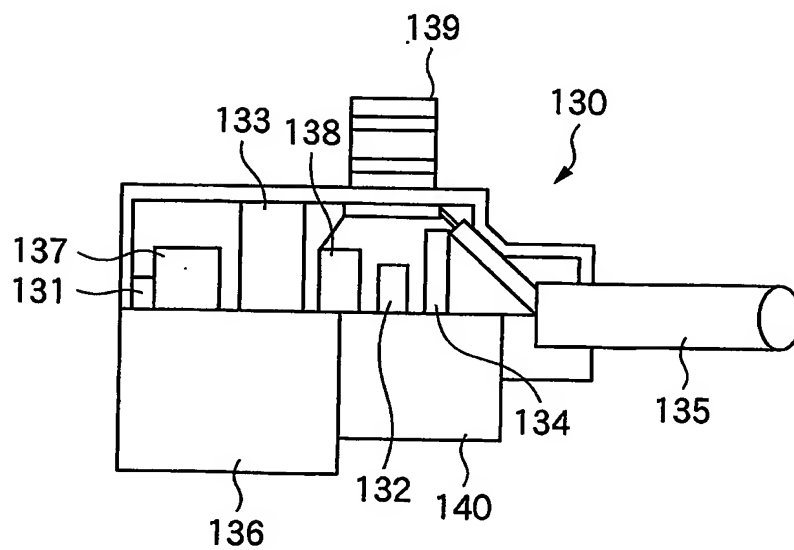




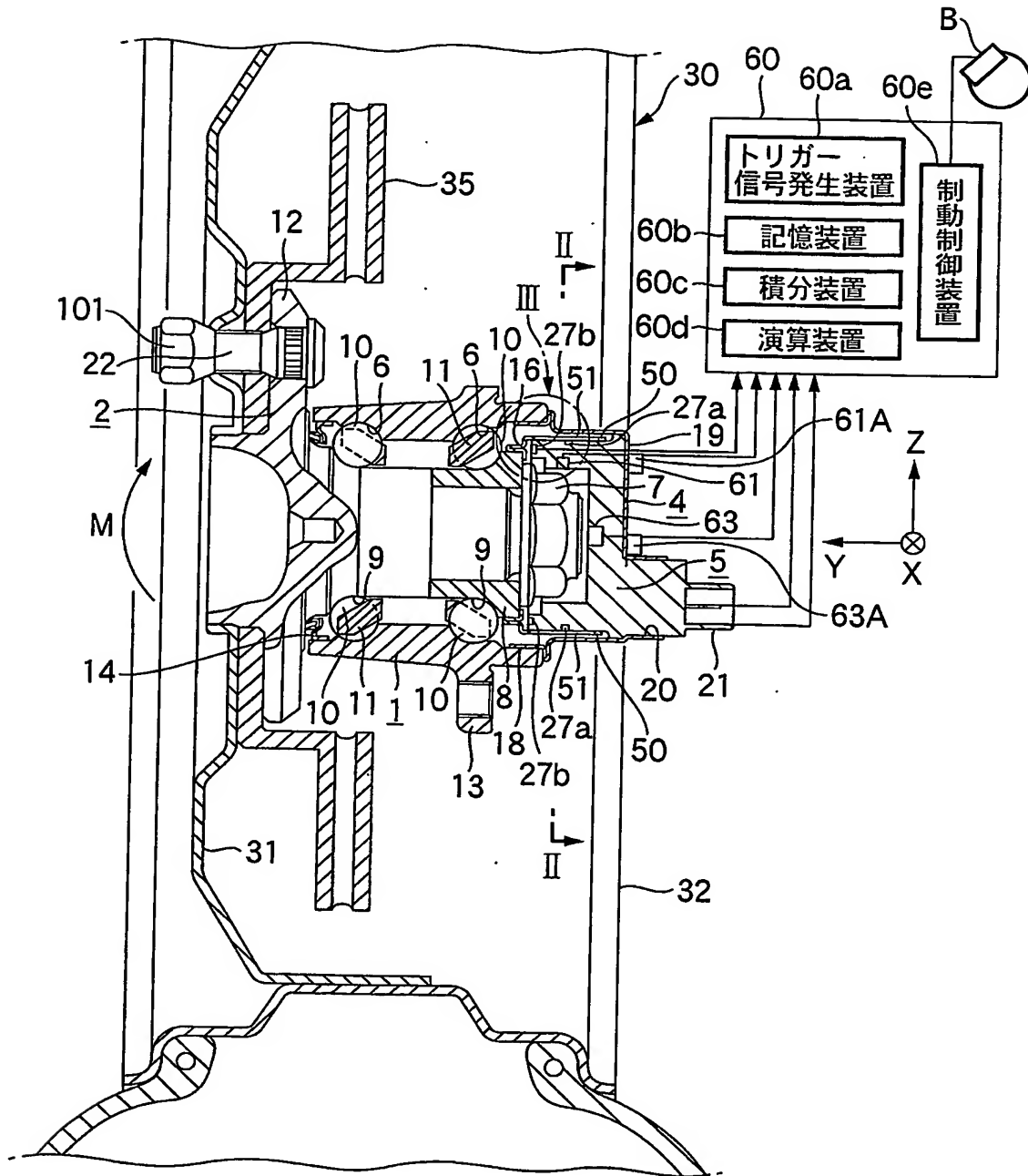
【図 21】



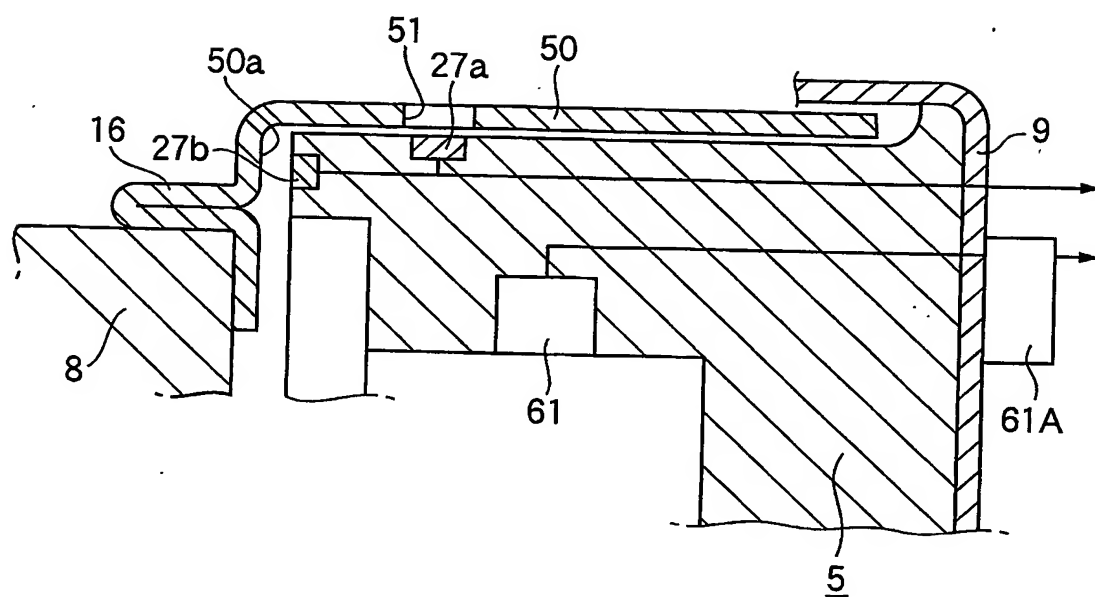
【図 22】



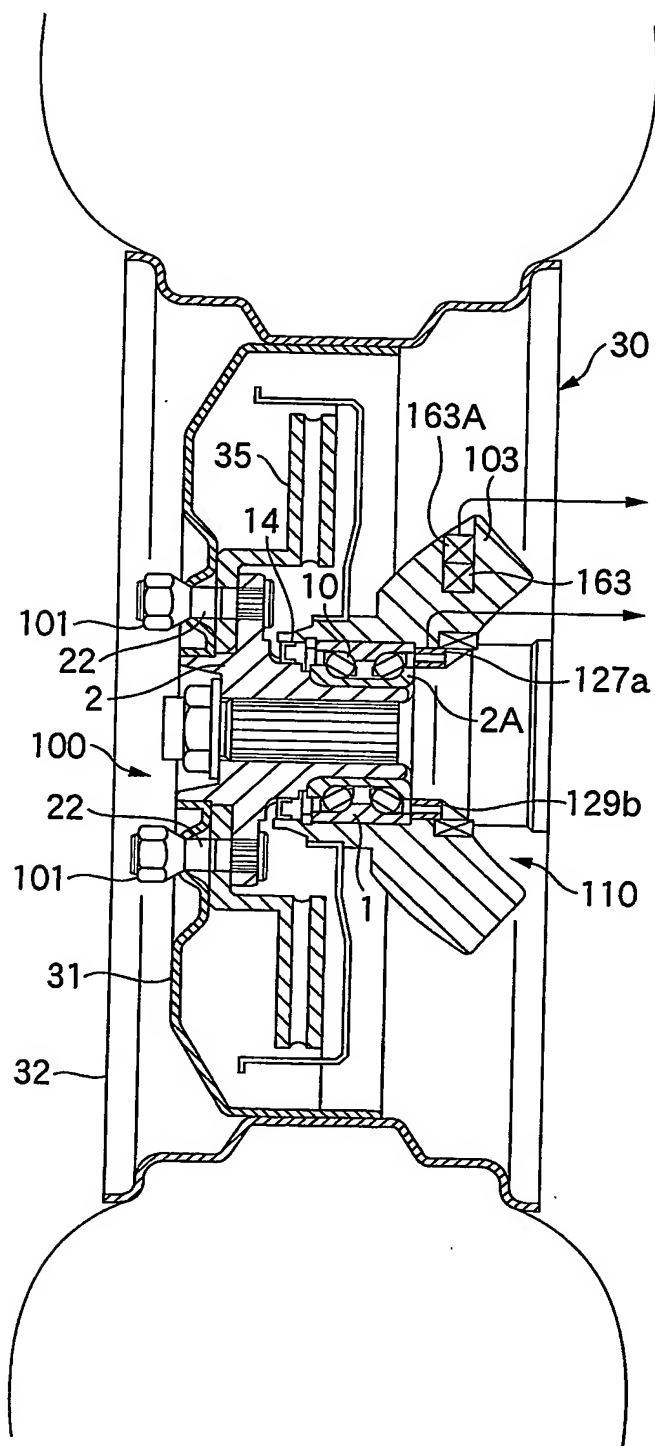
【図 23】



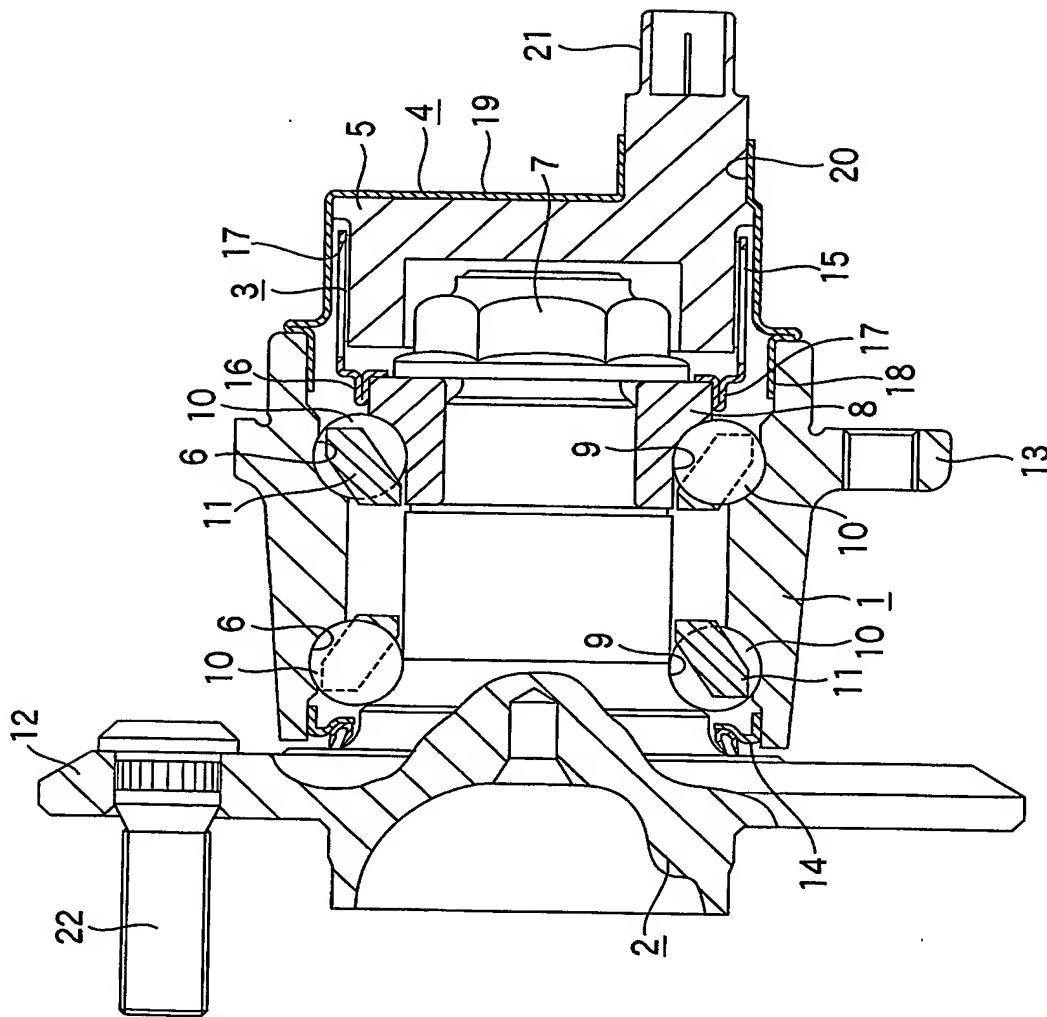
【図 24】



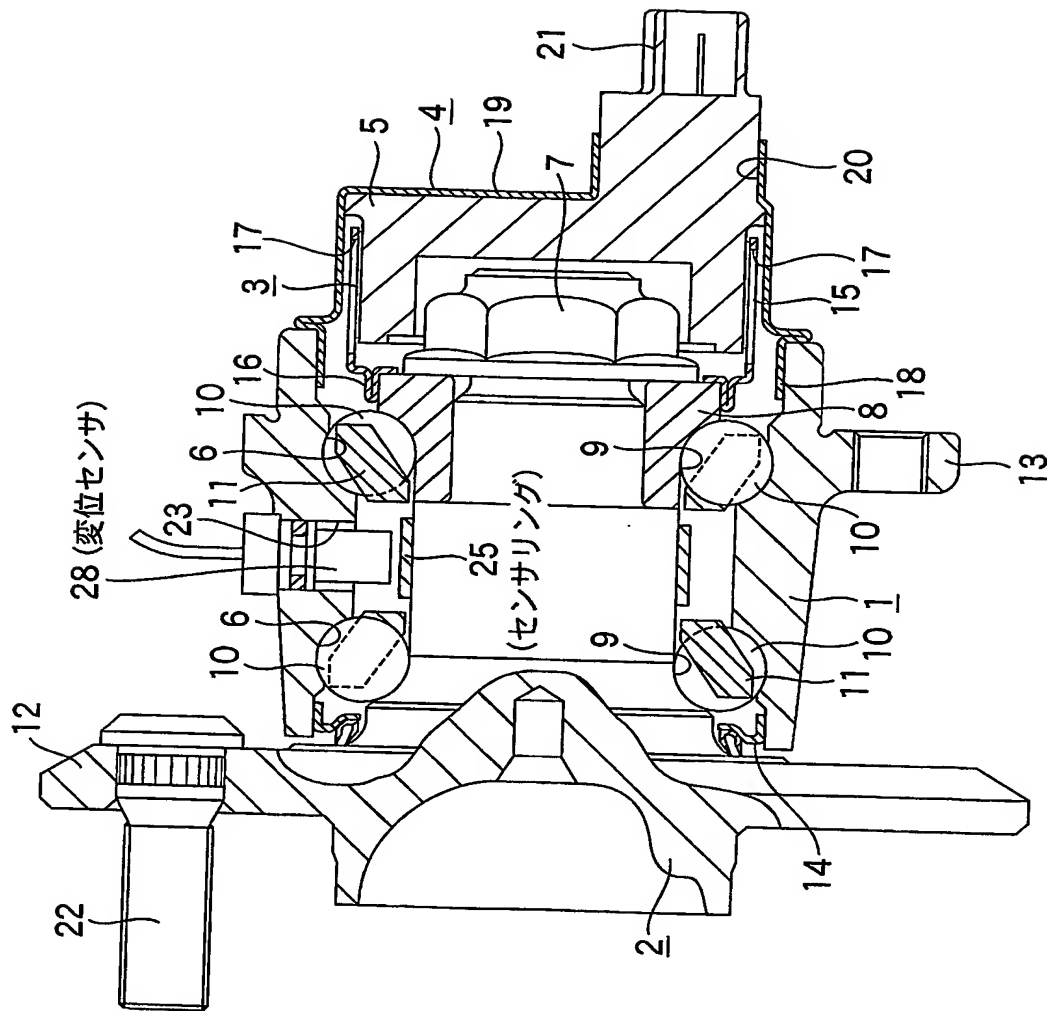
【図 25】



【図 26】



【図 27】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 車輪のスリップ率を精度良く求めることができ、それにより車両の安定した走行をより適切に制御できるようにするスリップ率測定方法及び車両の制御方法を提供する。

【解決手段】 車輪ユニットは、外輪 1 に対して回転自在となっているハブ 2 と、被検出用円筒部 50 と、被検出用円筒部 50 の回転速度に応じた回転速度信号を出力する回転速度センサ 27a, 27b と、車輪 30 の進行方向の加速度に応じた加速度信号を出力する加速度センサ 62 と、を有する。加速度センサ 62 が、車輪 30 におけるホイールリム 32 のリム幅 W 内に配置されている。

そして、車両の予備走行時に車輪のタイヤ半径を求め、車両の実走行時には、車輪の進行方向の実進行加速度と実回転角速度とを検出し、実回転角速度を微分して実回転角加速度を求め、スリップ率をゼロと見なして求められる見かけのタイヤ半径と予備走行時のタイヤ半径との比率を求めて、その比率をタイヤのスリップ率として得る。

【選択図】 図 1

特願 2003-026419

ページ: 1/E

出願人履歴情報

識別番号

[000004204]

1. 変更年月日  
[変更理由]  
住所  
氏名

1990年 8月29日  
新規登録  
東京都品川区大崎1丁目6番3号  
日本精工株式会社



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☒ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**